Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg (Lahn)
Direktor: Professor Dr. G. Hildebrandt

Der Einfluß der Tagesbelastung auf die Frequenzkoordination von Herzschlag und Atmung sowie auf Blutdruck und Spontanbewegungen im Nachtschlaf gesunder Versuchspersonen

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ludwig Pöllmann
aus Znaim/Niederdonau

Marburg/Lahn 1972

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg (Lahn)

Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg (Lahn)
Direktor: Professor Dr. G. Hildebrandt

Der Einfluß der Tagesbelastung auf die Frequenzkoordination von Herzschlag und Atmung sowie auf Blutdruck und Spontanbewegungen im Nachtschlaf gesunder Versuchspersonen

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ludwig Pöllmann

aus Znaim/Niederdonau

Marburg/Lahn 1972

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg (Lahn)

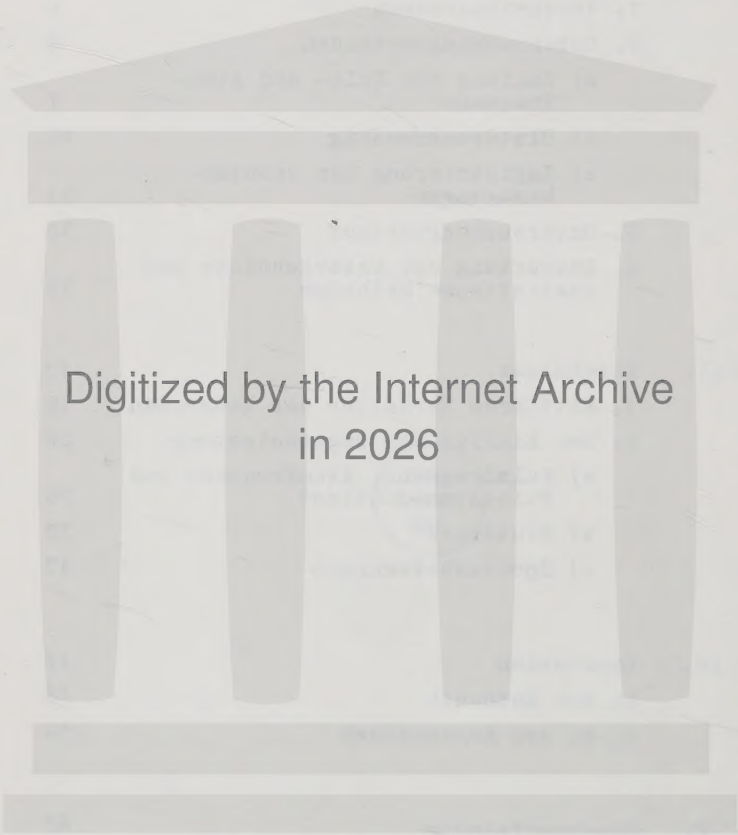
UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin der
Philipps-Universität Marburg/Lahn am 25. Juli 1972

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Dekan: Prof. Dr. med. H. OEPEN
Referent: Prof. Dr. med. G. HILDEBRANDT
Correferent: Prof. Dr. med. dent. H. SCHNELL

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Methodik	4
	1. Versuchspersonen	4
	2. Untersuchungsmethoden	7
	a) Zählung von Puls- und Atemfrequenz	7
	b) Blutdruckmessung	10
	c) Registrierung der Spontanbewegungen	11
	3. Untersuchungsablauf	12
	4. Auswertung der Meßergebnisse und statistische Methoden	15
III.	Ergebnisse	18
	1. Mittleres Verhalten der Meßgrößen	18
	2. Der Einfluß der Tagesbelastung	26
	a) Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Puls-Atem-Quotient	26
	b) Blutdruck	36
	c) Spontanbewegungen	42
IV.	Diskussion	46
	1. Zur Methodik	46
	2. Zu den Ergebnissen	50
V.	Zusammenfassung	63
VI.	Literaturverzeichnis	65



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534913_0014

I. Einleitung

Der Verlauf der Herzfrequenz im Nachtschlaf ist vielfältig untersucht (KLEWITZ 1912; SCHAFF u. Mitarb. 1960; WOLLHEIM u. MOELLER 1960; SNYDER u. Mitarb. 1964 a; JOVANOVIC 1965; HERNANDEZ-PEON 1965; SCHIEBER u. Mitarb. 1971; JOVANOVIC 1971; u. a.), auch dem Verhalten der Atemfrequenz im Schlafverlauf haben bereits zahlreiche Untersucher ihre Arbeiten gewidmet (SCHAFF u. Mitarb. 1960; SCHAFF u. VOGT 1961; SNYDER u. Mitarb. 1964 a; BÜLOW 1964; ENGEL 1971; SALETU u. Mitarb. 1971; u. a.). Schließlich ist auch der Verlauf des Blutdruckes im Schlaf heute recht genau bekannt (Literatur-Übersicht s. BOCK 1969), sogar auch seine Veränderungen während verschiedener Schlafstadien (SNYDER u. Mitarb. 1964 b; COCCAGNA u. Mitarb. 1971). Über einen systematischen Einfluß der vorangegangenen Tagesbelastungen finden sich jedoch unseres Wissens keine Angaben; die Befunde über den Einfluß körperlicher Arbeit am Tage auf den folgenden Nachtschlaf sind widersprüchlich (SCHAFF u. Mitarb. 1960; HOBSON 1968 a, b; MATSUMOTO u. Mitarb. 1968; HARTMAN 1971; BERGER u. Mitarb. 1971).

Das Verhalten von Herz- und Atemfrequenz ist bisher auch erst wenig unter dem Gesichtspunkt der Frequenzkoordination zwischen beiden rhythmischen Funktionen analysiert worden. Es ist vielfach erwiesen, daß das Frequenzverhältnis zwischen Herzschlag und Atmung (Puls-Atem-Quotient; Q P/A) unter Ruhebedingungen den ganzzahligen Wert 4,0 bevorzugt (HILDEBRANDT 1960), was neuerdings auch in Tierversuchen nachgewiesen wurde (HANNAPPEL 1969). Tageslängsschnittuntersuchungen beim Menschen haben gezeigt, daß diese ganzzahlige Frequenzabstimmung beim

Gesunden im Verlauf des Nachtschlafes intensiviert wird, und zwar ohne Rücksicht auf das Pulsfrequenzniveau (HILDEBRANDT 1953 a, 1960, 1961, 1962 a, 1966, 1967; STORCH 1967; vgl. HILDEBRANDT u. DAUMANN 1965; ENGEL u. Mitarb. 1969, 1971). Da auch für andere rhythmische Funktionen die Bevorzugung ganzzahliger Frequenzabstimmungen in Ruhe und während des Nachtschlafes nachgewiesen wurde (GOLENHOFEN u. HILDEBRANDT 1958; HILDEBRANDT u. KLEIN 1969; ECKERMANN u. Mitarb. 1969), ist es wahrscheinlich, daß die sogenannte nächtliche Normalisierung ganzzahliger Frequenzverhältnisse ein allgemeineres Kriterium zur Beurteilung der Erholung im Nachtschlaf darstellt (HILDEBRANDT 1962 a). Bei Umkehr der Lebensweise mit Tagschlaf wird die Frequenzkoordination im Schlaf erst im Laufe der Zeit zunehmend gestört. Es wird daher auch vermutet, daß die Frequenzkoordination im Schlaf ein Indikator zur Beurteilung von dauerhaften Störungen durch Nachtarbeit sein kann (ENGEL u. Mitarb. 1971; vgl. EHRENSTEIN 1970, 1971; EHRENSTEIN u. Mitarb. 1969, 1970; RUTENFRANZ u. Mitarb. 1971). Die nächtliche Intensivierung koordinativer Leistungen ist auch an der Zunahme der Phasenkoppelung zwischen Herzschlag und Atmung dargestellt worden (STORCH 1967; ENGEL u. Mitarb. 1969). Inwieweit die Schlafbewegungen als einfache Meßmethode zur Beurteilung des Schlaferfolges heranzuziehen sind, ist noch nicht geprüft worden (STRADOMSKY 1970; HARRER 1971; u. a.).

Die bisherigen Untersuchungen des Puls-Atem-Quotienten sind nur mit kurzzeitigen Frequenzmessungen vorgenommen worden, die wegen der Spontanschwankungen und zufälligen Störeinflüsse keine sichere Aussage über das Maß der Genauigkeit der Koordination zulassen. Allerdings wurde ein Normalisierungseffekt mit dem Zielwert eines Quotienten von 4,0 bei Langzeituntersuchungen im Verlauf von Kurbehandlungen wiederholt nachgewiesen (Literatur-Übersicht s. HILDEBRANDT 1962 a).

Über den Tagesgang der Pulsfrequenz liegen kontinuierliche Messungen vor (FLOTHO 1969). Die individuelle Reproduzierbarkeit des Puls-Atem-Quotienten ist bisher nur im Wachzustand geprüft (ISSEL u. Mitarb. 1971). Es ist bekannt, daß der Puls-Atem-Quotient einen sehr empfindlichen Indikator für die vegetative Tonuslage darstellt (Literatur-Übersicht s. HILDEBRANDT 1962 a, b; vgl. HITTMAIR 1967). Inwieweit die vorausgegangene Tagesbelastung das Verhalten des Puls-Atem-Quotienten beeinflußt, ist allerdings offen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit dem Ziel unternommen, im Zusammenhang mit dem bereits Bekannten das gegenseitige Verhalten von Herzfrequenz und Atemfrequenz während des Nachtschlafes nach verschiedenen Tagesbelastungen bei kontinuierlicher Messung darzustellen und im individuellen Längsschnitt zu beobachten. Darüberhinaus sollte geprüft werden, inwieweit sich Blutdruck- und Spontanbewegungsverhalten zur Beurteilung der Unterschiede im Schlafverlauf eignen.

II. Methodik

In der Zeit vom 18. Mai 1969 bis 1. Februar 1970 wurden bei insgesamt 7 gesunden Versuchspersonen in 4 aufeinanderfolgenden Nächten nach verschiedenen Formen der Tagesbelastung Herzfrequenz und Atemfrequenz sowie Blutdruck fortlaufend kontrolliert. Bei 4 Probanden wurde auch die Spontanbewegung registriert. Darüberhinaus wurde bei der Versuchsperson G die Herz- und Atemfrequenz während 53 durchschlafener Nächte sowie die Herzfrequenz allein während 102 Nächten, während 31 Nächten auch zusammen mit dem Blutdruck, fortlaufend beobachtet.

1. Versuchspersonen

Die Untersuchungen wurden auf männliche Versuchspersonen beschränkt, um Einflüsse des Menstruationszyklus auf die Ergebnisse auszuschalten (Literatur-Übersicht s. ARTNER 1954, 1960; HILDEBRANDT 1962 a; ENGEL 1970). Alle Probanden, 6 Soldaten im Alter zwischen 19 und 21 Jahren und ein Institutsangehöriger (Versuchsperson G; vgl. Tabelle 1) im Alter von 27 Jahren, stellten sich freiwillig zur Verfügung. Die Soldaten erhielten als Anerkennung für ihre Mitarbeit ein kleines Taschengeld.
4 der Versuchspersonen waren Nichtraucher, 1 schwacher Raucher (bis 10 Zigaretten/Tag) und 2 starke Raucher (über 10 Zigaretten/Tag) (vgl. Tabelle 9). Während der ganzen Untersuchungswoche war Rauchen nicht gestattet (vgl. BOCK 1971 c). Alle Probanden trieben regelmäßig Dienstsport, 2 sogar Leistungssport. Die Leistungsfähigkeit von Soldaten ähnlichen Ausbildungsstandes wurde bereits unter vielfältigen Gesichtspunkten untersucht (HOLLMANN 1967; KLAUS u. CLASING 1967; PÖLLMANN 1968;

KEPPELER 1969; WEIDEMANN u. Mitarb. 1971; HETTINGER u. WAHNER 1972). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Versuchspersonen.

Alle Versuchspersonen hielten sich schon länger als drei Monate in Nordhessen auf, sodaß eine Beeinflussung der Versuchsergebnisse durch klimatische Anpassungsreaktionen weitgehend ausgeschlossen ist (vgl. HILDEBRANDT u. JUNGMANN 1962; HILDEBRANDT 1964). Änderungen der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit als Folge von Impfreaktionen können ausgeschlossen werden, da Impfungen jeglicher Art länger als 3 Monate zurücklagen (vgl. KLEINHANSZ u. WIEGAND 1970, 1971; KLEINHANSZ u. Mitarb. 1971). Keine der Versuchspersonen gab an, in der Zeit vor Versuchsbeginn ungenügend geschlafen zu haben, sodaß auch Veränderungen, wie sie nach Schlafentzug beobachtet wurden (vgl. LILLE 1967; HARTMAN u. Mitarb. 1967; WILKINSON 1968; FIORICA u. Mitarb. 1968; SASSIN 1970; BERGER u. Mitarb. 1971; STÖCKER u. JOVANOVIC 1971; u. a.), nicht erwartet werden können. Die Versuchspersonen gaben zudem an, in den letzten 3 Monaten keine Medikamente genommen zu haben, sodaß eine Veränderung des Schlafablaufes durch Arzneimittel, wie sie vielfach beschrieben wurde (Literatur-Übersicht s. OSWALD 1972), unwahrscheinlich ist. In der Versuchswoche war Fernsehen nicht erlaubt, um keine Reaktionen des Vegetativums hervorzurufen (vgl. GOETTERT 1966; FLOTHO 1969; ULDALL 1969; v. FRANKENBERG 1969; NITSCHNIKOFF 1971; HÜLLEMANN 1971). Alle Untersuchungen fanden einerseits in einem weitgehend lärmgeschützten Raum statt, um den von verschiedenen Autoren (HEINECKER 1968; BAUST u. MARBAISE 1971; WITTERSHEIM u. Mitarb. 1971; JANSEN 1971; u. a.) beschriebenen Einfluß von Lärmreizen auf vegetative Funktionen des Organismus auszuschließen. Andererseits erhielten die Probanden die jeweilige Tageszeitung und ausreichend Lesematerial in

Tabelle 1

Versuchsperson	A	B	C	D	E	F	G
Alter (Jahre)	20	21	21	20	19	21	27
Körpergröße (cm)	164	188	168	175	172	169	179
Körpergewicht (kg)	68	75	62	75	64	57	82
Mittel aus stündl.Tages-Pulszählung							
Ruhetag (P/min)	62,0	56,8	60,3	66,0	55,0	58,2	80,8
geistige Arbeit (P/min)	61,4	61,5	65,8	63,8	70,4	68,5	81,8
körperliche Arbeit (P/min)	120,0	112,4	124,4	114,4	120,9	112,8	122,0
In 8 x 45 min geleistete körperliche Arbeit (10^5mkp)	1,48	1,48	1,24	1,30	1,30	1,24	1,48

der Freizeit, um psychische Reaktionen auf Grund von fehlenden Umweltkontakten zu verhindern (vgl. SANTONI 1971).

2. Untersuchungsmethoden

a) Zählung von Herzfrequenz und Atemfrequenz

Die Zählung der Herzfrequenz und Atemfrequenz erfolgte mittels elektronischer Zählgeräte (Hersteller: Fa. W. Vogel, Gießen). Als Signale dienten dabei die R-Zacken einer bipolaren EKG-Brustwandableitung sowie der Inspirationsbeginn der Atemkurve. Die Ableitungspunkte des EKG entsprachen - gemäß den Standardisierungsvorschlägen von SCHÄCKE u. Mitarb. (1970) sowie SCHÄCKE u. WOITOWITZ (1971) - denen nach NEHB (1938) Typ A (vgl. SCHAUB 1965; HOLZMANN 1965; HEINECKER 1967; WOITOWITZ u. Mitarb. 1970).

Die zunächst benutzten rechteckigen Silberblechelektroden, die auch von DAUMANN (1965), STORCH (1967) und PÖLLMANN (1968) verwendet wurden, eigneten sich für längerdauernde Registrierungen (über 4 - 6 Stunden) nicht, wie auch nach den Erfahrungen der Zahnheilkunde zu erwarten war (vgl. WEIKART 1966; KNISCHEWSKI 1970). Nach Versuchen mit verschiedenen Elektrodenmetallen und -formen erwies sich die im Folgenden beschriebene Form bei den Langzeituntersuchungen sowohl am wenigsten störanfällig als auch am wenigsten hautreizend. Die Elektrode wurde aus Degulor A (Hersteller: Fa. Degussa, Frankfurt/Main), das 88,5 % Gold und Platinmetalle enthält (WAGNER 1967), hergestellt. Die Auflagefläche war plan und kreisrund mit einem Durchmesser von 8 mm. Die Elektroden wurden mittels Degulor Lot I (72 % Gehalt an

Gold und Platinmetallen, Schmelztemperatur etwa 800 Grad C.; WAGNER 1967; Hersteller: Fa. Degussa, Frankfurt/Main) mit dem Zuleitungskabel verlötet. Die Zuleitung wurde zur besseren Kontrolle auf Kabelbruch hin mit einem durchsichtigen PVC-Schlauch (Hersteller: Fa. Braun, Melsungen) bis zur Lötstelle überzogen (vgl. STORCH 1967). Dann wurde die Elektrode samt Kabel in das in der Zahnheilkunde zur Prothesenherstellung verwendete Kaltpolymerisat Paladur glasklar(R) (Hersteller: Fa. Kulzer, Bad Homburg) eingebettet (vgl. ISSEL 1961; SCHROEDER 1967). Die Polymerisierung erfolgte unter Druck in der Küvette, wie in der zahnärztlichen Prothetik üblich (JANKE 1967). Es wurde ein Rand von 4 mm Breite um die Goldelektrode und die Lötstelle gebildet, auch der Ansatz des Kabels wurde mit Kunststoff umhüllt. Nach guter Politur verfärbten sich bei der Desinfektion mit Sagrotan(R) in 3-prozentiger Lösung auch bei einer Einwirkungszeit von 2 - 3 Stunden (Hersteller: SCHÜLKE & MAYR, Glashütte/Holstein) weder Metall noch Kunststoff. Pflasterrückstände vom Befestigen der Elektroden konnten einfach mit Waschbenzin abgewischt werden.

Als Kontaktmittel diente Elektrodengelee (Hersteller: Fa. Hellige & Co., Freiburg i. Br.). Zur Befestigung der Elektroden bewährte sich Leukoplast luftdurchlässig (R) (Hersteller: Fa. Beiersdorf, Hamburg). Hierbei wurde darauf geachtet, daß die Zuleitungskabel die Bewegungen der Versuchspersonen nicht behindern konnten.

Bei den ersten 14 Registrierungen der Pulsfrequenz während des Nachtschlafes der Versuchsperson G sowie während der Arbeit auf dem Fahrradergometer und bei der Lösung der Rechenaufgaben wurde die Pulsfrequenz aller Versuchspersonen mit einem photoelektrischen Pulszähler nach E. A. MÜLLER (MÜLLER u. REH 1950) (Hersteller: Fa. Himmelmann, Dortmund) gemessen. Den Pulsabnehmer legten

wir an die rechte Ohrmuschel, die mit Finalgon(R)-Salbe (Hersteller: Fa. Anasco, Wiesbaden) hyperämisiert war. Die Pulszahl wurde fortlaufend einminütlich ausgedruckt (nähere Einzelheiten der Methodik s. FLOTHO 1969). Die Abdeckung mit einer lichtundurchlässigen Schutzkappe erwies sich als nicht immer notwendig.

Als Signal für die Atemregistrierung diente in einem Teil der Versuche die dehnungsabhängige Widerstandszunahme eines 63 mm langen mit Elektrolytflüssigkeit (3molare KCl, gesättigt mit AgCl) gefüllten elastischen Latex-Schlauches (Innendurchmesser 2 mm), der als Atemfühler um den Thorax gelegt wurde. Meistenteils wurde aber ein thermoelektrischer Meßfühler verwendet, welcher Inspirations- und Exspirationsbeginn durch den sprunghaften Wechsel der Lufttemperatur vor dem Naseneingang anzeigt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß Muskelbewegungen in keiner Weise die Atemregistrierung stören. Wir benutzten ein von STORCH (1967) entwickeltes Meßelement.

Elektrokardiogramm und Atemkurve wurden während der gesamten Versuchsdauer auf dem Oszillographen vom Untersucher beobachtet. Die Zählerstände wurden automatisch alle 15 min ausgedruckt und gelöscht. Außer den Frequenzwerten (pro Minute) wurden auch die Quotienten der Pulsfrequenz und der Atemfrequenz (Q P/A; HILDEBRANDT 1953 a, 1960, 1967) aus den 15-min-Summen berechnet.

b) Blutdruckmessung

Die Registrierung des Blutdruckes erfolgte mit einem vollautomatischen Blutdruckmeßgerät Custocor CM 4 (Hersteller: Fa. W. Vogel, Gießen). Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip von RIVA-ROCCI (1896) und setzt die von KOROTKOV (1905) beschriebenen Töne mit einem Mikrophon, das 3 cm oberhalb der Ellenbeuge über der Arteria brachialis mit Leukoplast luftdurchlässig(R) (Hersteller: Fa. Beiersdorf, Hamburg) befestigt war, in eine dem sinkenden Manschettendruck folgende Punktreihe um (UEXKÜLL u. KILLING 1959; HAAN 1965; LORENZ 1968; SCHNEIDER 1968; WOLFF 1969; GUTMANN u. Mitarb. 1969; TAVEL u. Mitarb. 1969; IRNICH 1970; PARADE 1971; HOLLMANN 1971; u. a.). Die Messungen erfolgten im Abstand von 15 min (vgl. dazu ZÜLCH u. HOSSMANN 1967; BACHMANN u. Mitarb. 1970 a). Ein kürzerer Abstand erschien bei dieser unblutigen Methode nicht vorteilhaft, um venöse Stauungen der Extremität zu vermeiden (WICK 1968; ANSCHÜTZ 1968, 1969; BACHMANN 1969 a, b; BOCK 1969; BOCK u. Mitarb. 1971 a, b; KRAMER u. ZIMMERMANN 1971; u. a.). Die auch von der American Heart Association empfohlene Geschwindigkeit des Druckabfalls von 2 - 3 mm Hg/sec (KIRKENDALL u. Mitarb. 1967) stellt einen Kompromiß dar und wurde auch von uns benutzt (vgl. BERNAUER 1969; GILLMANN 1969). Vor jeder Registrierung wurde das automatische Blutdruckmeßgerät mit Hilfe eines geeichten Blutdruckmeßapparates durch Ineinanderlegen der Manschetten nachjustiert (BOCK u. Mitarb. 1971 b). Zu Beginn der Registrierung wurde außerdem der Blutdruck am Gegenarm (links) mit einem herkömmlichen Gerät gemessen und mit dem automatisch registrierten Wert des rechten Armes verglichen. Es ergaben sich in keinem Fall Unterschiede über 10 mm Hg, weder beim systolischen noch beim

diastolischen Wert (vgl. STURM u. Mitarb. 1970; BERGMANN 1970; STURM 1971). Die Kurven wurden nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Kreislaufforschung ausgewertet (BOCK u. Mitarb. 1971 a, b). Die Angabe der Meßwerte erfolgte einheitlich in der in der Medizin eingebürgerten Maßeinheit mm Hg, obwohl bei der Neudefinition der "physikalischen Atmosphäre" 1948 deren 760ster Teil die Bezeichnung Torr erhielt; das Torr ist im Gegensatz zum mm Hg unabhängig von Materialkonstanten. Der Unterschied beider Einheiten liegt weit unterhalb der Meßfehlergrenze (1,0 mm Hg = 1,000 000 14 Torr) (vgl. BOCK u. Mitarb. 1971 b).

c) Registrierung der Spontanbewegungen

Die Registrierung der Spontanbewegungen im Schlaf erfolgte mittels zweier kapazitiver Infrarot-Pulsabnehmer, Modell A nach BRECHT u. BOUCKE (1952) (Hersteller: Fa. H. Boucke, Tübingen), bei denen der abschraubbare Metallaufnehmer samt Gewindestutzen entfernt und durch einen flachen Hartgummiring ersetzt war (vgl. HILDEBRANDT u. KLEIN 1969). Die Pulsabnehmer waren unter der Matratze angebracht, wobei einer nur Bewegungen mit Gewichtsverlagerungen über 5000 p, der andere bereits Bewegungen ab 500 p registrierte. Für die Aufzeichnung stand ein technischer Schnellschreiber Helco-Scriptor (Hersteller: Fa. Hellige, Freiburg i. Br.) zur Verfügung. Es wurde eine Papiergeschwindigkeit von 150 mm/Stunde gewählt (vgl. DUMORTIER 1968; HARRER 1971).

3. Untersuchungsablauf

In der Untersuchungswoche absolvierten alle Versuchspersonen vier verschiedene Tagesprogramme:

1. Normaler Arbeitstag (Vortag der Untersuchung): Die Soldaten waren als Krankenpfleger von 7 - 17 Uhr mit 2 Stunden Mittagspause tätig und erschienen um 19 Uhr zum Versuchsbeginn im Institut. Die Tagesbelastung des Institutsangehörigen unterschied sich nicht wesentlich davon. Zuerst wurde eine genaue Anamnese protokolliert. Bei keinem der Probanden konnte mit Auskultation und Perkussion ein pathologischer Befund erhoben werden, wobei sich der Untersucher über die geringe Aussagekraft einer derartigen Untersuchung im klaren war (vgl. EMPTER 1966). Die Probanden wurden erst dann zum Test zugelassen, wenn auch ein EKG der bipolaren Extremitätenableitungen nach EINTHOVEN (1913) (Standardableitungen I, II, III) keinen Anhalt für pathologische Veränderungen erkennen ließ (vgl. LEMMERZ u. Mitarb. 1969; SCHMIDT-VOIGT 1971).

2. Körperlicher Arbeitstag: Die Probanden führten zwischen 9 und 19 Uhr insgesamt 8 mal 45 min Tretarbeit auf einem Fahrradergometer LODE/LANOY 1965 (Hersteller: Lode Instrumenten NV/Groningen) bei 50 Umdrehungen/min (vgl. MELLEROWICZ 1962,1966) durch, und zwar von 9.00 - 9.45, 10.00 - 10.45, 11.15 - 12.00, 14.00 - 14.45, 15.00 - 15.45, 16.00 - 16.45, 17.15 - 18.00 und 18.15 - 19.00 Uhr. Die Belastung wurde in jedem Fall zunächst auf 80 Watt eingestellt; überschritt dabei die Herzfrequenz 130/min für länger als 5 min, so wurde die Belastung vom nächsten Arbeitsabschnitt an auf 50 Watt reduziert (vgl. dazu WOITOWITZ u. Mitarb. 1970; BAUM 1971; FRIC u. NEUN 1971). Die Umdrehungszahl von 50/min wurde von den Versuchspersonen selbst und vom Untersucher an einem Drehzahl-

messer kontrolliert. Vorübergehende Abweichungen bis zu ± 2 Umdrehungen pro Minute von der vorgeschriebenen Tretfrequenz ergaben Leistungsschwankungen unter 2 %. Die von den einzelnen Probanden geleistete Gesamtarbeit sowie die Mittelwerte der Herzfrequenz während der jeweils letzten Minuten aller 8 Arbeitsabschnitte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

3. Geistiger Arbeitstag: Während der gleichen Zeitabschnitte wie an dem körperlichen Arbeitstag hatten die Probanden im Sitzen Kopfrechenaufgaben nach Art des Testes nach DÜKER (1949) auszuführen, wobei die Zwischenergebnisse während der ersten 3 Arbeitsabschnitte addiert, während der nächsten 3 Abschnitte subtrahiert und während der letzten beiden multipliziert werden mußten. Nur die Endergebnisse wurden von den Probanden auf den Formblättern niedergeschrieben. Die mittlere Arbeitspulsfrequenz findet sich gleichfalls in Tabelle 1 (vgl. BARTENWERFER 1963; KRYZHANOVSKAJA 1969).

4. Ruhetag: Die Probanden blieben den ganzen Tag über im Bett liegen, lediglich zwischen 19 und 21 Uhr war - wie auch an den anderen Tagen - kurzes Duschen erlaubt. Die mittlere Tagespulsfrequenz wurde zu den gleichen Zeitpunkten wie an den anderen Tagen bestimmt und ist wiederum aus Tabelle 1 ersichtlich.

Körperlicher und geistiger Arbeitstag sowie Ruhetag wurden im Anschluß an einen normalen Arbeitstag in ihrer Reihenfolge so variiert, daß 2 Probanden die gleiche Folge, alle weiteren aber je eine der übrigen 5 möglichen Variationen absolvierten (Tabelle 2). Die Probanden gingen dabei jeweils gegen 21.30 Uhr in einem lärmgeschützten verdunkelten Raum mit behaglichem Klima zu Bett und schliefen im Durchschnitt um 22.30 Uhr ein. Obwohl sich einige Probanden als "schlechte Schläfer" (vgl. Tabelle 9) bezeichneten, traten Schlafstörungen in keinem Fall auf.

Tabelle 2: Reihenfolge der Versuchstage

Versuchsperson	A	B	C	D	E	F	G
Vortag	1	1	1	1	1	1	1
Ruhetag	3	4	2	2	4	3	2
geistige Arbeit	4	3	4	3	2	2	3
körperliche Arbeit	2	2	3	4	3	4	4

Die Mahlzeiten waren, ausgenommen am Vortag, qualitativ und quantitativ gleich; das Frühstück wurde 30 min nach dem spontanen Erwachen, das Mittagessen um 12 Uhr und das Abendessen um 19 Uhr eingenommen. Die Flüssigkeitszufuhr - wahlweise Milch oder Apfelsaft - war freigestellt. Genußmittel wie Tee, Kaffee oder Alkohol waren ausgeschlossen, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch diese zu vermeiden (vgl. SCHAFF u. Mitarb. 1962; MARBACH u. SCHWERTZ 1964; CZOK 1966; BUHR 1969; SCHMIDT 1969; BOCK 1971 c).

4. Auswertung der Meßergebnisse und statistische Methoden

Die Quotienten aus Pulsfrequenz und Atemfrequenz (Q P/A) wurden aus den 15 min-Summen berechnet.

Die Berechnung der Streuung (σ) sowie des mittleren Fehlers der Mittelwerte (σ_M) erfolgte in üblicher Weise nach den Formeln (HENRYSSON u. Mitarb. 1960):

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x-M)^2}{n-1}} \qquad (1)$$

$$\sigma_M = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (2)$$

Zur Signifikanzprüfung von Differenzen verwendeten wir den t-Test, wobei die Signifikanzgrenzen der STUDENT-Verteilung zugrundegelegt wurden (DOCUMENTA GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen 1960).

Die korrelationsstatistischen Untersuchungen wurden unter Annahme linearer Korrelationen nach den Angaben von SALINGER (1926) durchgeführt. Die Formel für den

Korrelationskoeffizienten (r) lautet:

$$r = \frac{\sum (x-x_o)(y-y_o)}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \qquad (3)$$

Der mittlere Fehler des Korrelationskoeffizienten (m_r) errechnet sich nach der Formel:

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \qquad (4)$$

Zur Signifikanzprüfung benutzten wir für den t-Test folgende Formel:

$$t = \frac{r}{m_r} \qquad (5)$$

Bei Streuungsvergleichen bzw.-korrelationen wurde der Variabilitätskoeffizient (VC) herangezogen, um den Einfluß des Mittelwertes auszuschalten (HENRYSSON u. Mitarb. 1960):

$$VC = \frac{100 \cdot \sigma}{M} \qquad (6)$$

Zur graphischen Darstellung der mittleren Beziehung wurde an Stelle der Regressionsgeraden die "Ausgleichsgerade" nach SALINGER (1926) verwendet. Diese ist definiert durch ihre Steigung $\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ und durch den Schwerpunkt der Verteilung mit seinen Koordinaten M_x und M_y. Die Ausgleichsgerade liegt wie die ihr ähnliche "mittlere Gerade" (WIRTH 1927) stets zwischen den beiden Regressionsgeraden und gibt die mittlere gegenseitige Abhängigkeit von x und y an.

Ein Teil der linearen Korrelationen wurde mit dem vorprogrammierten elektronischen Tischrechner Diehl Sigmatron (Hersteller: Fa. Diehl, Nürnberg) berechnet.

III. Ergebnisse

1. Mittleres Verhalten der Meßgrößen

Abbildung 1 zeigt den mittleren Verlauf von Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten (oben) und des systolischen und diastolischen Blutdruckes (Mitte) von allen 7 Versuchspersonen in den 4 Versuchsnächten sowie den durchschnittlichen Häufigkeitsverlauf der Spontanbewegungen (unten, mit logarithmischer Ordinateneinteilung) bei 4 Versuchspersonen während jeweils 4 Versuchsnächten. Da die Schlafdauer variierte und im Mittel 9 Stunden 9 Minuten betrug (Tabelle 3; vgl. OTHMER 1967; FREYER 1970), wurden zu dieser Zusammenstellung die jeweils ersten und letzten 4 1/2 Stunden des Nachtschlafes über dem Einschlaf- bzw. Aufwachtermin synchronisiert. Während Puls- und Atemfrequenz im Laufe der ersten Nachthälfte fortlaufend abnehmen und das dabei erreichte Niveau in der zweiten Nachthälfte im wesentlichen halten, steigt der Puls-Atem-Quotient mit unregelmäßigen kleineren Schwankungen während der ganzen Schlafzeit kontinuierlich an und erreicht etwa 2 Stunden vor dem spontanen Erwachen den Normalwert 4,0, um den er dann bis zum Aufwachen nur wenig schwankt. Mit dem Erwachen steigt der Quotient im Mittel steil an, was durch ein gleichsinniges Verhalten der Pulsfrequenz bedingt ist, während die Atemfrequenz im Mittel unbeteiligt bleibt (vgl. SCHAFF u. VOGT 1961).

Der systolische Blutdruck (Abbildung 1, Mitte) erreicht seinen niedrigsten Wert bereits nach 2 Stunden Schlaf und bleibt mit geringen Schwankungen bis zum Erwachen auf seinem niedrigen Niveau. Der diastolische Blutdruck steigt dagegen in den ersten Nachtstunden signifikant an, um dann bis fast zum Erwachen hin wieder abzufallen (vgl.

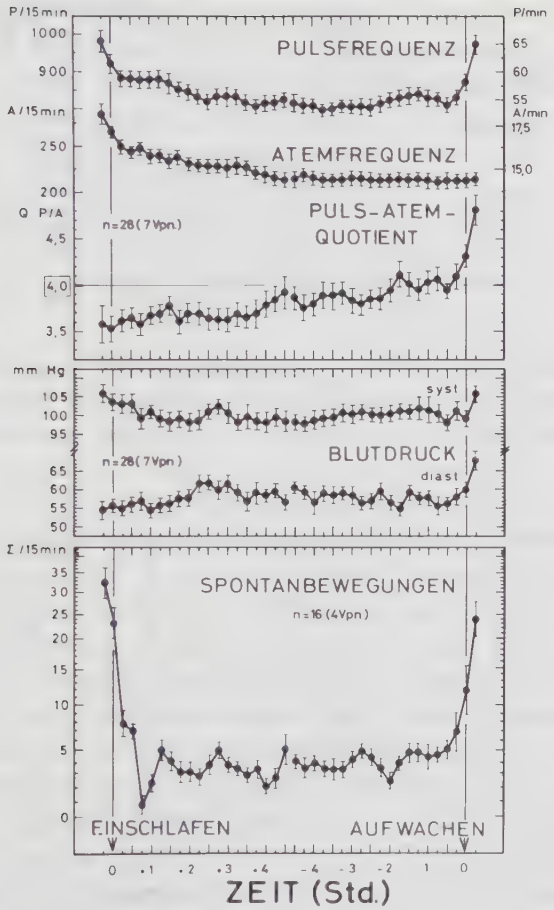


Abb. 1 Mittlerer Verlauf von Pulsfrequenz, Atemfrequenz, Puls-Atem-Quotient und Blutdruck während je 4 Nächten bei 7 Versuchspersonen sowie durchschnittlicher Häufigkeitsverlauf der Spontanbewegungen (logarithmische Ordinateneinteilung) bei 4 Versuchspersonen während 4 Versuchsnächten. Synchronisation beider Nachthälften über den Einschlaf- und Aufwachterminen. Die Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an.

Tabelle 3: Schlafdauer

	n	Vp	Mittelwert M	Standardabweichung σ
Gesamte Untersuchung	28	7	9 Std 9 min	± 24 min
Vornacht	7	7	9 Std 29 min	± 56 min
nach Ruhetag	7	7	8 Std 32 min	± 45 min
nach geistiger Arbeit	7	7	8 Std 58 min	± 1 Std 2 min
nach körperlicher Arbeit	7	7	9 Std 36 min	± 1 Std 4 min

Versuchsperson G	n	Mittelwert M	Standardabweichung σ
Gesamte Untersuchung	53	7 Std 48 min	± 1 Std 6 min
Ohne körperliche Arbeit	13	8 Std 26 min	± 1 Std 12 min
nach mäßiger körperlicher Arbeit	34	7 Std 37 min	± 58 min
nach schwerer körperlicher Arbeit	6	7 Std 57 min	± 1 Std 20 min

HILDEBRANDT 1962 a; BOCK 1969).

Die Häufigkeit der Spontanbewegungen (Abbildung 1, unten) fällt nach dem Einschlafen steil ab und erreicht ihr Minimum bereits vor dem Ende der ersten Schlafstunde. Das Niveau der Bewegungshäufigkeit bleibt für den Rest der Nacht mit ziemlich regelmäßigen, vor allem in der ersten Nachthälfte deutlich periodisch gegliederten Schwankungen etwa gleich. In den beiden letzten Schlafstunden nimmt dann die Bewegungshäufigkeit wieder zu, besonders steil kurz vor dem Erwachen.

Als Ergänzung zeigt Abbildung 2 den mittleren Verlauf von Puls- und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten (oben) während 53 Nächten bei der Versuchsperson G und darüberhinaus das Verhalten des systolischen und diastolischen Blutdruckes (unten) während 31 Nächten. Da die Schlafdauer bei der Versuchsperson G im Mittel nur 7 Std 48 min (vgl. Tabelle 2) betrug, wurden jeweils 4 Stunden über dem Einschlaf- und Aufwachtermin synchronisiert. Der Gesamtverlauf entspricht recht gut dem durchschnittlichen Verhalten der Gruppe (vgl. Abbildung 1). Darüberhinaus treten aber durch den Fortfall interindividueller Unterschiede besonders in der ersten Nachthälfte regelmäßigere Schwankungen auf, wie sie schon beim Gruppenverhalten der Spontanbewegungen beobachtet werden konnten, besonders im Verlauf des Puls-Atem-Quotienten; diese Schwankungen besitzen eine Periodendauer von etwa 90 min und entsprechen offenbar dem ähnlich verlaufenden Rhythmus der Schlaftiefenschwankungen (LOOMIS u. Mitarb. 1938; DEMENT u. KLEITMAN 1957; JUNG 1963, 1965; HOFFMEISTER 1968; u. a.). Diese Schwankungen waren auch bei den übrigen Probanden zu beobachten, hatten jedoch unterschiedliche Periodendauer, sodaß sie in der Mittelwertkurve der Abbildung 1 nur angedeutet in Erscheinung treten können. Bemerkenswert ist, daß sich die Puls-Atem-Quotienten im Zuge dieser Schlaftiefenschwankungen vorübergehend

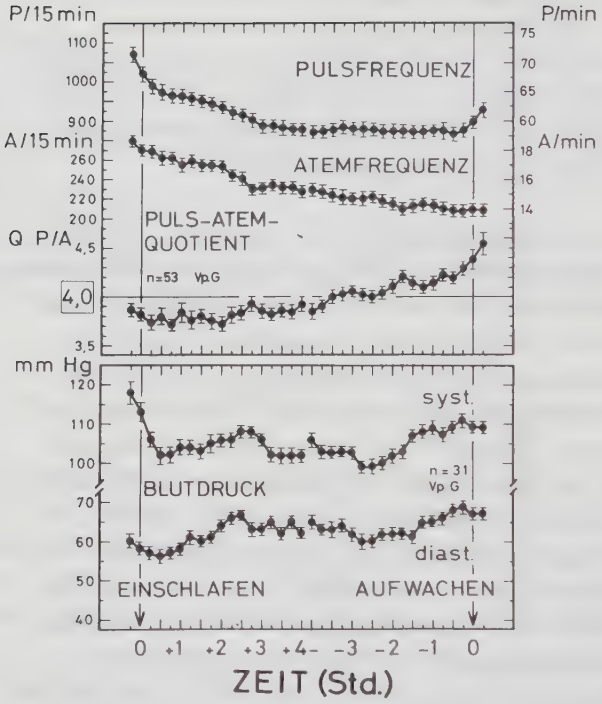


Abb. 2 Mittlerer Verlauf von Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Puls-Atem-Quotient während 53 Nächten sowie des Blutdrucks während 31 Nächten bei der Versuchsperson G. Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin. Die Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an.

bereits dem Normbereich annähern können, den sie sonst erst im Verlauf der zweiten Nachthälfte erreichen (vgl. Abbildung 14).

Um zu prüfen, mit welcher Genauigkeit in jedem Einzelfall die Norm des Puls-Atem-Quotienten eingestellt wird, sind in Abbildung 3 (unten) die Häufigkeitsverteilungen derjenigen Quotientwerte dargestellt, die sich während des Nachtschlafes am dichtesten an den Wert 4,0 angenähert hatten. Die nächsten und zweitnächsten Werte (schwarze Felder) bilden ein ausgeprägtes Häufigkeitsmaximum, dessen Spitze genau bei 4,0 liegt; 80 % dieser Werte weichen nicht mehr als ± 0,1, 95 % nicht weiter als ± 0,2 von der ganzzahligen Norm ab. Auch die dritt- und viertnächsten Felder (hell) haben ihr Häufigkeitsmaximum noch dicht bei 4,0.

In den 53 Nächten der Versuchsperson G, für die die entsprechenden Ergebnisse in Abbildung 4 (unten) zum Vergleich dargestellt sind, lagen von den zwei normnächsten Quotienten 91 % innerhalb ± 0,1 und 97 % innerhalb ± 0,2.

Die Abbildungen 3 und 4 enthalten außerdem im oberen Teil jeweils die zeitliche Verteilung der normnächsten Werte, und zwar wiederum getrennt für beide Klassen. Es zeigt sich übereinstimmend, daß das Häufigkeitsmaximum kurz vor dem morgendlichen Erwachen liegt. Allerdings finden auch schon vorher Annäherungen an die Norm statt.

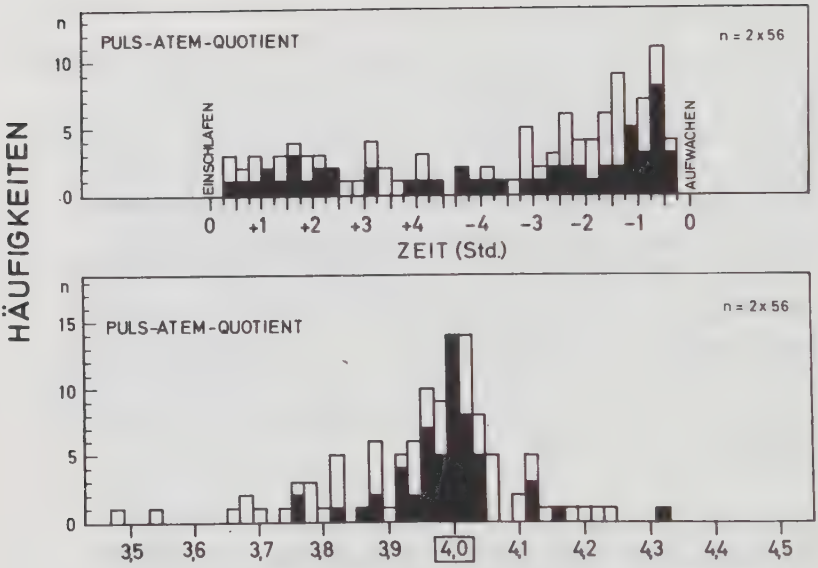


Abb. 3 Unten: Häufigkeitsverteilung derjenigen Werte des Puls-Atem-Quotienten, die sich während des Nachtschlafes in 28 Nächten bei 7 Versuchspersonen am dichtesten der Norm 4,0 angenähert hatten. Die schwarzen Felder bezeichnen die nächsten und zweitnächsten, die hellen Felder die dritt- und viertnächsten Werte.
Oben: Die zeitliche Verteilung der in der unteren Abbildungshälfte aufgetragenen Werte des Puls-Atem-Quotienten.

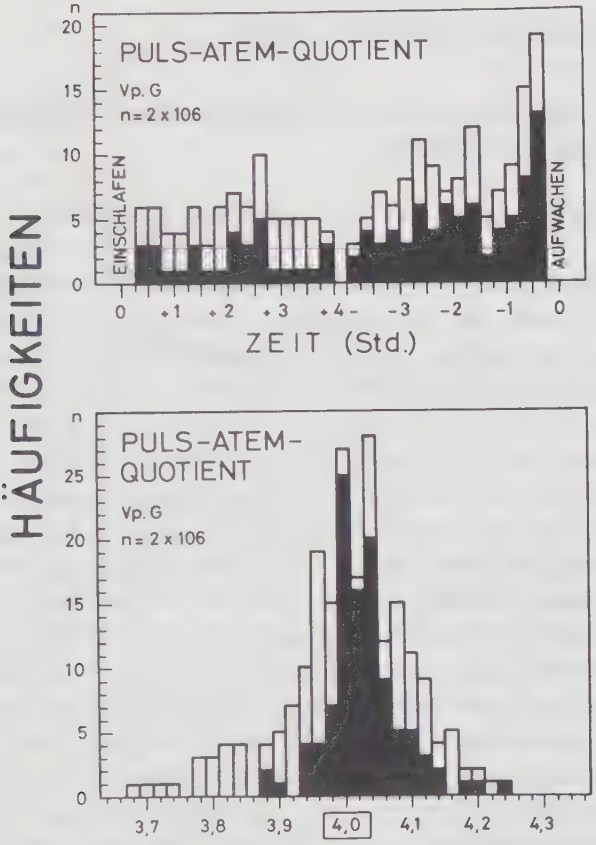


Abb. 4 Unten: Häufigkeitsverteilung derjenigen Werte des Puls-Atem-Quotienten, die sich während des Schlafes in 53 Nächten bei der Versuchsperson G am dichtesten der Norm 4,0 angenähert hatten. Die schwarzen Felder bezeichnen die nächsten und zweitnächsten, die hellen Felder die dritt- und viertnächsten Werte.
Oben: Die zeitliche Verteilung der in der unteren Abbildungshälfte aufgetragenen Werte des Puls-Atem-Quotienten.

2. Der Einfluß der Tagesbelastung

a) Mittleres Verhalten von Pulsfrequenz, Atemfrequenz sowie Puls-Atem-Quotient

Abbildung 5 zeigt nun die mittleren Verläufe von Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten der 7 Probanden während des Nachtschlafes, getrennt nach den vorausgehenden vier Tagesbelastungen. Während der Verlauf der Atemfrequenz keine größeren Unterschiede zwischen den 4 Nächten aufweist, ist das Pulsfrequenzverhalten während des Nachtschlafes deutlicher von der Tagesbelastung abhängig. Nach dem körperlichen Arbeitstag liegt die Pulsfrequenz fast während der ganzen Nacht am höchsten, nach dem geistigen Arbeitstag am niedrigsten. Nach dem Vortag, an dem die Krankenpflegetätigkeit auch mit körperlichen Belastungen verbunden war, verläuft die Pulsfrequenz ähnlich wie nach dem körperlichen Arbeitstag, aber auf einem niedrigeren Niveau. Nach dem Ruhetag ist der nächtliche Pulsverlauf ähnlich wie nach dem geistigen Arbeitstag, hat aber ein höheres Niveau (vgl. dazu KRYZHANOVSKAJA 1969). Da die erhöhten Pulslagen nach körperlichen Arbeitstagen besonders während der ersten Nachthälfte steiler abfallen, liegen die Pulsfrequenzkurven aller 4 Nächte in der zweiten Nachthälfte enger beieinander.

Der mittlere Verlauf des Puls-Atem-Quotienten ist deutlich von der Art der vorangehenden Tagesbelastung abhängig. Schon die mittleren Niveauunterschiede zwischen den 4 Kurven sind sämtlich statistisch gut gesichert (Tabelle 4). Im einzelnen liegen die Quotientwerte zu Beginn des Nachtschlafes und während der ersten

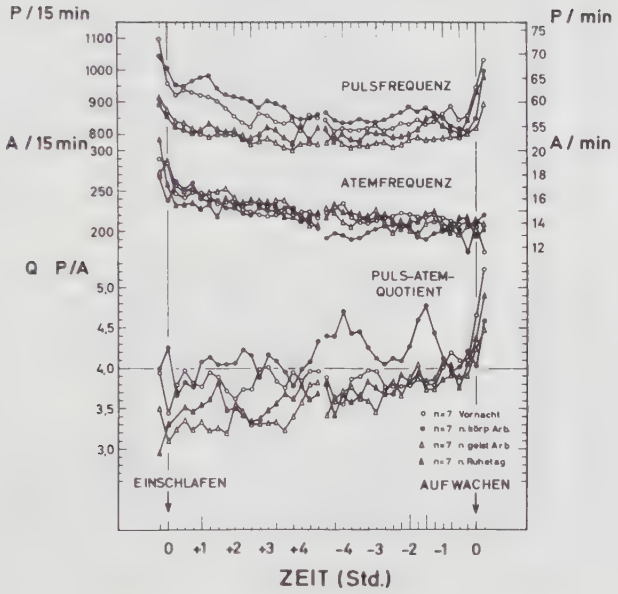


Abb. 5 Mittlere Verläufe von Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten während des Nachtschlafes von 7 Probanden nach verschiedenen Tagesbelastungen. Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin.

T a b e l l e 4 : Mittlere Niveauwerte (M) von Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Puls-Atem-Quotient während des Nachtschlafes von 7 Versuchspersonen und deren Differenzen (D) nach unterschiedlicher Tagesbelastung.

	Pulsfrequenz (min^{-1})			Atemfrequenz (min^{-1})			Puls-Atem-Quotient		
	M			M			M		
Vornacht n = 36	57,1	D=4,9 p<0,001	D=3,2 p<0,001	15,0	D=0,1 p<0,70	D=0,2 p<0,40	3,86	D=0,29 p<0,001	D=0,16 p<0,001
nach Ruhetag n = 36	52,2	D=1,7 p<0,001	D=1,8 p=0,01	14,9	D=0,1 p<0,90	D=0,6 p<0,02	3,57	D=0,13 p<0,02	D=0,30 p<0,001
nach geist. Arb. n = 36	53,9	D=6,0 p<0,001	D=6,7 p<0,001	14,8	D=0,4 p<0,10	D=0,5 p<0,10	3,70	D=0,46 p<0,001	D=0,59 p<0,001
nach körp. Arb. n = 36	58,9			14,4			4,16		

Nachthälfte nach dem geistigen Arbeitstag am höchsten. Ruhetag und Vortag ordnen sich dazwischen ein. In der zweiten Nachthälfte verlaufen die Kurven nach Vortag, Ruhetag und geistigem Arbeitstag eng beieinander und steigen gemeinsam zur Norm 4,0 an, die sie etwa während der letzten beiden Schlafstunden einhalten. Nur die Kurve nach dem körperlichen Arbeitstag, die während der ersten Nachthälfte am höchsten und bereits im Bereich von 4 lag, zeigt in der zweiten Nachthälfte einen besonderen Verlauf, indem sie mit zwei größeren Wellen über 4 hinaus ansteigt und erst in der letzten Schlafstunde die Norm genauer einstellt.

Vergleicht man die geschilderten Unterschiede des Puls-Atem-Quotienten nach den verschiedenen Tagesbelastungen mit den entsprechenden Puls- und Atemfrequenzkurven der Abbildung 5, so ist zwar festzustellen, daß die Niveauunterschiede im wesentlichen von der Pulsfrequenz bewirkt werden, daß aber die nur geringen Unterschiede im Atemfrequenzverlauf, die im übrigen meist gegenläufig zur Pulsfrequenz sind, durchaus nicht ohne Einfluß auf den Gang des Puls-Atem-Quotienten sind. Vor allem das tiefe Initialniveau des Quotienten nach dem geistigen Arbeitstag sowie die auffälligen Wellen während der zweiten Nachthälfte nach dem körperlichen Arbeitstag sind in erster Linie auf das Atemfrequenzverhalten zurückzuführen.

Die Nachtuntersuchungen an der Versuchsperson G (Abbildung 6) können nur mit Einschränkungen zu einem Vergleich herangezogen werden, da keine festen Tagesprogramme vorgegeben waren. Immerhin war es möglich, auf Grund sorgfältiger Tagebuchaufzeichnungen die jeder Nachtregistrierung vorausgehenden Tage nach ihrer körperlichen Belastung in 3 Gruppen zu klassifizieren: 6 Tage mit schwerer körperlicher Arbeit, 34 Tage mit

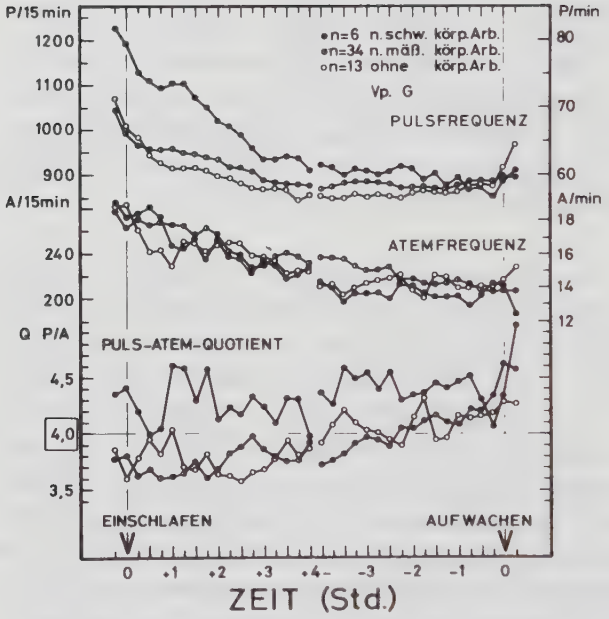


Abb. 6 Mittlere Verläufe von Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten während des Nachtschlafes bei der Versuchsperson G nach unterschiedlicher körperlicher Tagesbelastung.

mäßiger körperlicher Arbeit, 13 Tage ohne nennenswerte körperliche Belastung. Der mittlere Verlauf des Puls-Atem-Quotienten in diesen drei Klassen zeigt prinzipiell gleiche Unterschiede wie in der Gruppenuntersuchung. Nach schwerer körperlicher Arbeit weist der Puls-Atem-Quotient besonders starke Schwankungen auf, zeigt aber vorübergehende Annäherungen an den Wert 4,0. Nach Tagen ohne körperliche Arbeit und mit mäßiger körperlicher Belastung liegt er deutlich niedriger. Trotz erheblicher Unterschiede konvergieren alle Klassenmittel - wenn auch zum Teil nur sehr vorübergehend - gegen Schlafende hin auf den Wert 4,0 zu. Die entsprechenden Niveauunterschiede der Pulsfrequenz sind alle statistisch signifikant, während sich Atemfrequenz und Puls-Atem-Quotient im mittleren Niveau nur teilweise statistisch gesichert unterscheiden (Tabelle 5).

Abbildung 7 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Auftretens normaler Puls-Atem-Quotienten für den Bereich 3,9 - 4,1 (oben) und 3,8 - 4,2 (unten). Nach körperlicher Arbeit zeigt sich eine Zunahme der Häufigkeit normaler Puls-Atem-Quotient-Werte, besonders schon zu Schlafbeginn. Die geringste Anzahl normaler Werte findet sich nach dem geistigen Arbeitstag, der Ruhetag ordnet sich dazwischen ein. Der Vortag entspricht etwa dem körperlichen Arbeitstag. Bei der Versuchsperson G zeigen sich die Unterschiede lediglich angedeutet, was auch zu erwarten war, da keine festen Tagesprogramme vorgegeben waren. Das frühe Auftreten normaler Puls-Atem-Quotient-Werte nach schwerer körperlicher Arbeit ist aber auch hier deutlich. Im Prinzip zeigen sich keine Unterschiede zwischen den beiden Normbereichen 3,9 - 4,1 und 3,8 - 4,2, was auf eine recht genaue Einstellung des Normwertes schließen läßt.

T a b e l l e 5 : Mittlere Niveauwerte (M) von Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Puls-Atem-Quotient während des Nachtschlafes bei der Versuchsperson G und deren Differenzen (D) nach unterschiedlicher Tagesbelastung.

Versuchsperson G	Anzahl der Nächte	Pulsfrequenz (min^{-1}) M		Atemfrequenz (min^{-1}) M		Puls-Atem-Quotient M	
Ohne körp.Arbeit n = 32	13	58,5	D=1,3 p<0,0025	15,2	D=0,5 p<0,10	3,93	D=0,04 p<0,60
Nach mäßiger körp. Arbeit n = 32	34	59,8	D=6,0 p<0,001	15,7	D=0,1 p<0,05	3,89	D=0,43 p<0,001
Nach schwerer körp. Arbeit n = 32	6	64,5	D=4,7 p<0,001	15,1	D=0,6 p<0,1	4,36	D=0,47 p<0,001

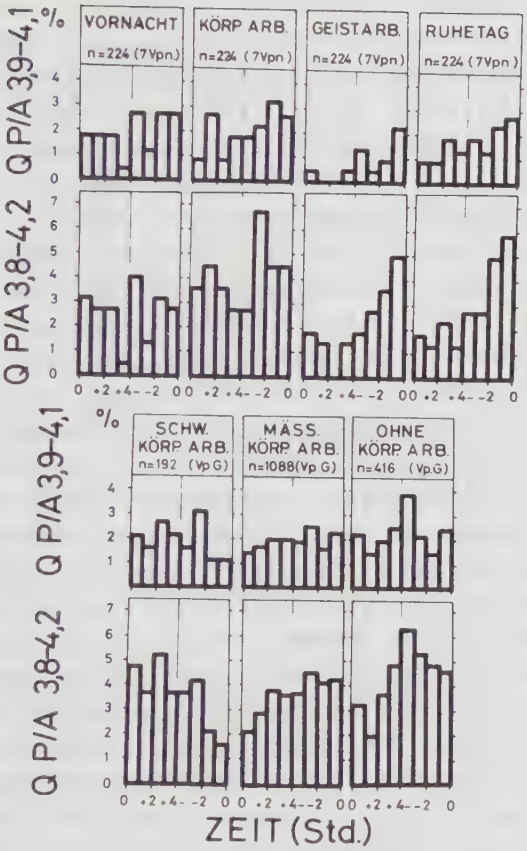


Abb. 7 Zeitliche Verteilung der Häufigkeit des Auftretens normaler Puls-Atem-Quotient-Werte für den Bereich 3,9 - 4,1 (oben) und 3,8 - 4,2 (unten) während des Nachtschlafes von 7 Probanden (oberer Teil) und der Versuchsperson G (unterer Teil der Abbildung).

Abbildung 8 zeigt als Ergänzung zu den Ergebnissen bei der Versuchsperson G während 102 Nächten das mittlere Pulsverhalten im Nachtschlaf nach den drei Tagesbelastungen. Die Niveauunterschiede dieser drei Kurven sind statistisch wiederum signifikant. Nach Tagen ohne körperliche Arbeit verläuft die Pulsfrequenz am niedrigsten, nach schwerer körperlicher Arbeit am höchsten, die Kurve nach mäßiger körperlicher Arbeit liegt dazwischen. Der Abfall während der ersten Nachthälfte ist um so steiler, je höher die Pulsfrequenz beim Einschlafen liegt. Während der zweiten Nachthälfte haben sich die Kurven nach mäßiger und fehlender körperlicher Arbeit schon stark genähert und halten das gleiche Niveau bis zum Erwachen. Die Kurve nach schwerer körperlicher Arbeit steigt dagegen nach dem Abfall der ersten Nachthälfte in der zweiten Hälfte erneut an, wobei die Streuung beträchtlich zunimmt. Im einzelnen lassen sich zwei Verlaufstypen unterscheiden. In der Mehrzahl der Fälle verhielt sich die Pulsfrequenz ähnlich der Gruppe nach mäßiger Tagesbelastung (B) und verlief nur bis kurz vor dem Erwachen auf einem etwas höheren Niveau. In 5 Fällen dominierte demgegenüber ein erheblicher Wiederanstieg der Pulsfrequenz in der zweiten Nachthälfte um ca. 20 Pulse/min, der bis zum Erwachen anhielt (A). Darüberhinaus zeichnet sich der Pulsverlauf dieser Klasse auch in der ersten Nachthälfte durch auffällig große Schwankungen aus. Von den 5 Nächten dieses Typs liegen keine Atemfrequenzmessungen vor, so daß über den Einfluß dieser auffälligen Abweichungen vom normalen Nachtverlauf der Pulsfrequenz auf den Puls-Atem-Quotienten und seine Normalisierung noch nichts ausgesagt werden kann. Immerhin ist bemerkenswert, daß in der Abbildung 5 die letzte Welle des Puls-Atem-Quotienten vor dem Erwachen nach dem körperlichen Arbeitstag auch mit einem Anstieg der Pulsfrequenz einhergeht.

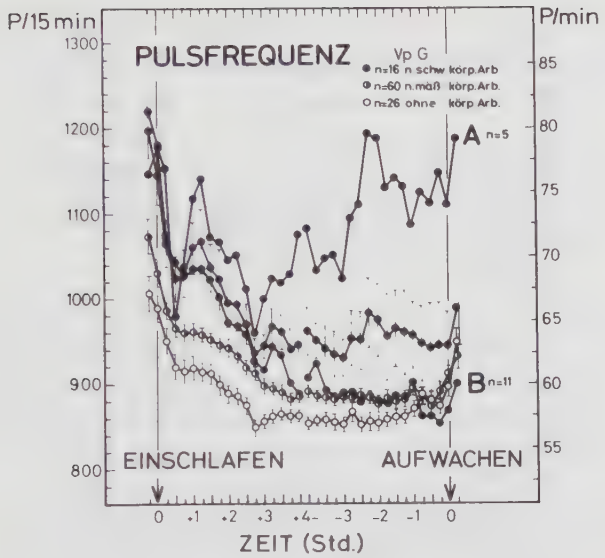


Abb. 8 Mittlerer Verlauf der Pulsfrequenz während des Nachtschlafes bei der Versuchsperson G nach schwerer, mäßiger und fehlender körperlicher Tagesbelastung bei Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin. Die eingezeichneten Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an. Für den Verlauf nach schwerer körperlicher Tagesbelastung sind außerdem zwei verschiedene Verlaufsformen (A und B) zusammengefaßt (Kurven ohne eingezeichneten Fehlerbereich).

b) Mittleres Verhalten des Blutdruckes

Abbildung 9 zeigt das mittlere Verhalten des Blutdruckes, allerdings nur von 6 Versuchspersonen. Die Versuchsperson G verhielt sich im Gegensatz zu diesen völlig anders. Ob dieser Unterschied darin zu suchen ist, daß diese Versuchsperson zugleich auch Untersucher war, soll in der Diskussion an Hand anderer Messungen geprüft werden.

Das Verhalten des systolischen (oben) und des diastolischen Blutdruckes (unten) in den einzelnen Belastungsklassen ist nicht deutlich gegeneinander abgegrenzt. Dennoch zeigen sich bei der Untersuchung der Niveauunterschiede zum Teil signifikante Differenzen (Tabelle 6). Nach dem körperlichen Arbeitstag findet sich zunächst ein etwas erhöhter systolischer Blutdruck mit stärkeren Schwankungen und einem Minimum in der 2. Schlafstunde sowie einem weiteren kurz vor dem Erwachen. Nach dem Ruhetag ist der Blutdruck insgesamt erniedrigt und steigt ab 2 Stunden vor dem Erwachen kontinuierlich an. Nach dem geistigen Arbeitstag finden sich besonders große Schwankungen. Das Niveau liegt zwischen dem nach körperlicher Arbeit und dem nach Ruhe. Der systolische Blutdruck nach dem Vortag ordnet sich den anderen Kurven ein.

Das Verhalten des diastolischen Blutdrucks ist gekennzeichnet durch einen Anstieg in der 2. und 3. Schlafstunde, einer Niveaubildung mit leicht ansteigender Tendenz in der ersten Nachthälfte und leicht fallender Tendenz in der zweiten Nachthälfte bis kurz vor dem Erwachen und einen starken Anstieg zum Aufwachtermin (vgl. STOYVA u. Mitarb. 1968). Nach dem körperlichen Arbeitstag ist das Niveau des diastolischen Blutdrucks deutlich niedriger als nach den anderen Belastungsprogrammen (Tabelle 6).

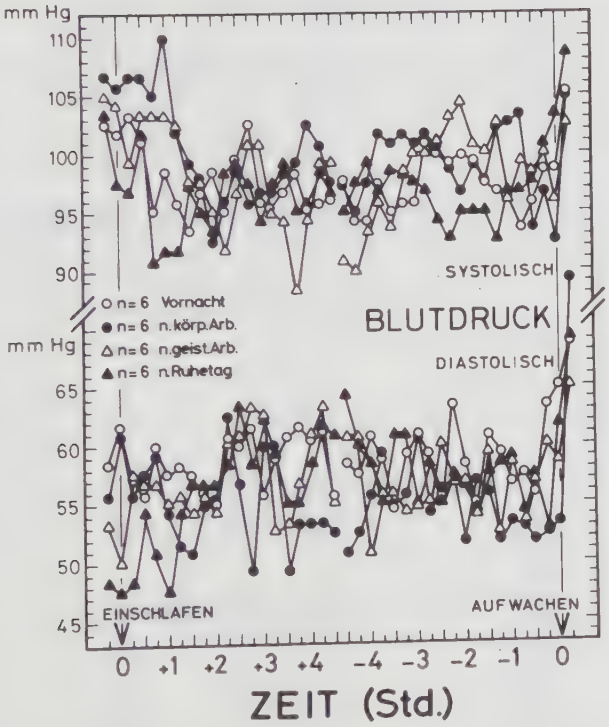


Abb. 9 Mittlere Verläufe von systolischem (oben) und diastolischem Blutdruck (unten) während des Nachtschlafes von 6 Versuchspersonen nach verschiedenen Belastungen am Tage. Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin.

T a b e l l e 6 : Mittlere Niveauwerte (M) von systolischem und diastolischem Blutdruck während des Nachtschlafes von 6 Versuchspersonen und deren Differenzen(D) nach unterschiedlicher Tagesbelastung.

	Systolischer Blutdruck (mm Hg)			Diastolischer Blutdruck (mm Hg)		
	M			M		
Vornacht n = 36	97,2	D=1,0 p<0,20	D=0,8 p<0,40	58,6	D=1,6 p<0,025	D=1,5 p<0,05
nach Ruhetag n = 36	96,2	D=1,8 p<0,005	D=2,5 p<0,001	57,0	D=0,1 p<0,90	D=3,8 p<0,001
nach geistiger Arbeit n = 36	98,0	D=1,7 p<0,10	D=3,5 p<0,001	57,1	D=2,3 p<0,01	D=2,2 p<0,02
nach körperlicher Arbeit n = 36	99,7			54,8		

Im Gegensatz dazu zeigt in Abbildung 10 das Verhalten des Blutdruckes bei der Versuchsperson G nach 6 Tagen mit schwerer körperlicher Arbeit, 18 Tagen mit mäßiger körperlicher Arbeit und 7 Tagen ohne körperliche Arbeit stärkere Unterschiede. Nach körperlicher Arbeit liegen sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck niedriger als nach Tagen ohne körperliche Arbeit. Der Blutdruck nach Tagen mit mäßiger körperlicher Arbeit liegt zwischen den beiden anderen Klassen. Gegen Morgen hin nähern sich alle drei Kurven weitgehend einander an. Die Niveauunterschiede sind zum Teil signifikant (Tabelle 7).

Sowohl in der Gruppenuntersuchung als auch bei der Versuchsperson G zeigen sich in der 2. Stunde nach dem Einschlafen gegenläufige Bewegungen mit Erniedrigung des systolischen und Erhöhung des diastolischen Blutdruckes. Eine weitere gleichartige Veränderung findet sich kurz vor dem Erwachen.

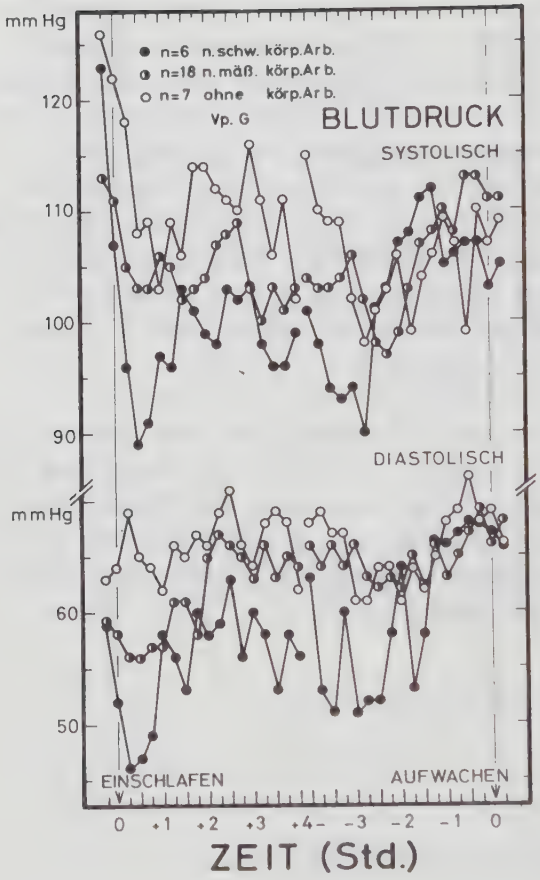


Abb. 10 Mittlere Verläufe von systolischem (oben) und diastolischem Blutdruck (unten) während des Nachtschlafes bei der Versuchsperson G nach schwerer, mäßiger und fehlender körperlicher Arbeit am Tage bei Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin.

Tabelle 7: Mittlere Niveauwerte (M) von systolischem und diastolischem Blutdruck während des Nachtschlafes bei der Versuchsperson G und deren Differenzen (D) nach unterschiedlicher Tagesbelastung.

Versuchsperson G	Anzahl der Nächte	Systolischer Blutdruck (mm Hg) M		Diastolischer Blutdruck (mm Hg) M	
Ohne körperliche Arbeit n = 32	7	107,7	D=3,2 p<0,01	66,0	D=2,8 p<0,01
Nach mäßiger körp. Arbeit n = 32	18	104,5	D=7,6 p<0,001	63,2	D=8,5 p<0,001
Nach schwerer körp. Arbeit n = 32	6	100,1	D=4,4 p<0,02	57,5	D=5,7 p<0,001

c) Mittleres Verhalten der Spontanbewegungen

Abbildung 11 gibt zunächst einen Überblick über das Häufigkeitsverhalten der großen Bewegungen im Schlaf (über 5000 p) zu den kleineren Schlafbewegungen (über 500 p) bei den 4 untersuchten Probanden. Es zeigt sich, daß zwischen beiden Meßgrößen eine Korrelation besteht ($r = +0{,}95 \pm 0{,}03$). Daraus ist zu schließen, daß der Meßbereich für die Bewegungsregistrierung keine entscheidende Rolle spielt (vgl. HARRER 1971). Überdies ist abzulesen, daß nach körperlicher Arbeit die Summen der Bewegungshäufigkeiten im Schlafverlauf niedriger liegen als nach dem Ruhetag. Die Spontanbewegungen nach dem Vortag und nach geistiger Arbeit ordnen sich dazwischen ein.

Abbildung 12 zeigt den mittleren Schlafverlauf der Bewegungshäufigkeiten bei den 4 Versuchspersonen nach den 4 verschiedenen Formen der Tagesbelastung. Nach einem Minimum in der ersten Schlafstunde steigt die Zahl der Spontanbewegungen zum Morgen hin langsam an. Die einzelnen Kurven lassen starke Schwankungen erkennen, besonders nach dem körperlichen Arbeitstag. Diese Kurve zeigt auch im Gegensatz zu den anderen ein weiteres Minimum kurz vor dem Erwachen. Die Niveaudifferenzen des Ruhetags zum körperlichen Arbeitstag und zum Vortag sind statistisch gesichert (Tabelle 8).

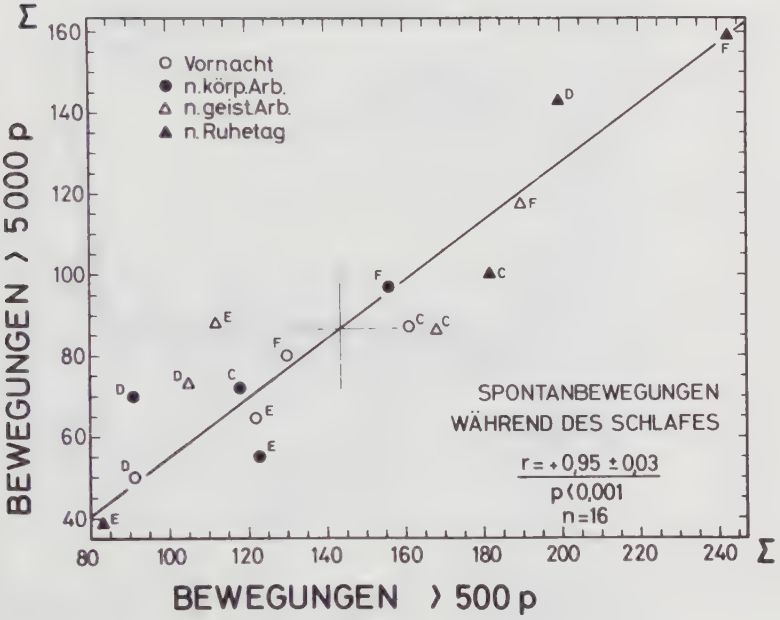


Abb. 11 Beziehung zwischen großen Schlafbewegungen (über 5000 p) und kleinen Schlafbewegungen (über 500 p) bei 4 Versuchspersonen nach 4 verschiedenen Formen der Tagesbelastung. Die Gerade ist die Ausgleichsgerade der Korrelation.

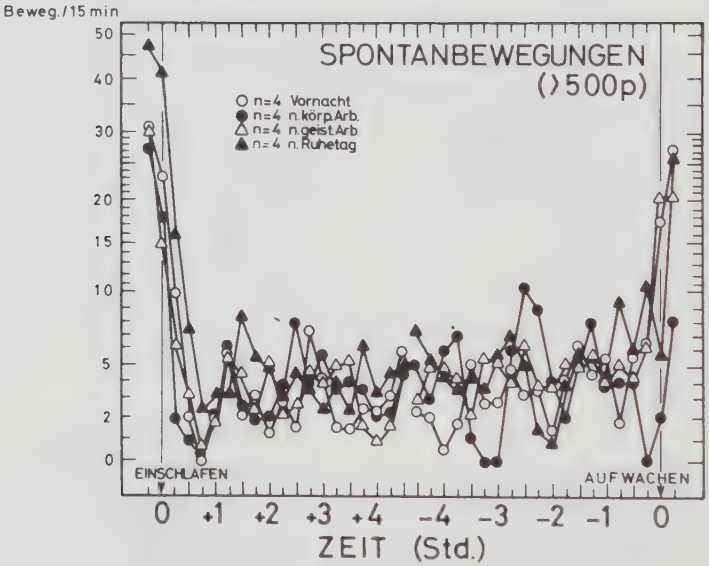


Abb. 12 Mittlere Verläufe der Häufigkeit von Spontanbewegungen während des Nachtschlafes von 4 Probanden nach Vortag, Ruhetag, geistigem und körperlichem Arbeitstag. Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin. Logarithmische Ordinatenteilung.

Tabelle 8: Mittlere Niveauwerte (M) der Spontanbewegungshäufigkeiten während des Nachtschlafes bei 4 Versuchspersonen und deren Differenzen (D) nach unterschiedlichen Tagesbelastungen.

	M	Spontanbewegungen (Häufigkeiten / 15 Minuten)	
Vornacht n = 36	3,91	D=1,69 p<0,05	D=0,55 p<0,30
Nach Ruhetag n = 36	5,60	D=1,14 p<0,10	D=0,12 p<0,90
Nach geist. Arbeit n = 36	4,46		
Nach körperl. Arbeit n = 36	3,79	D=0,67 p<0,10	D=1,81 p<0,01

IV. Diskussion

1. Zur Methodik

Obwohl EHRENSTEIN (1969) empfahl, bei Schlafuntersuchungen unter nicht gewohnten Bedingungen erst die 4. Nacht auszuwerten, konnten wir einen schlechten Schlafverlauf durch die geänderten Umweltbedingungen ausschließen. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Berichte der Versuchspersonen zum Schlaf. Lediglich die Versuchsperson A gab nach dem körperlichen Arbeitstag stärkere Schlafstörungen an ("mindestens 1/2 Stunde wach gelegen"). Diese Angabe erscheint jedoch zweifelhaft, da weder die Beobachtung der Meßwerte noch der protokollierte Untersuchungsablauf einen Hinweis auf diese Angabe erkennen lassen (vgl. BAUST u. Mitarb. 1965; MONROE 1965; BOCHNIK 1966; BAUST 1965,1966; PASSOUANT 1969). Unsere Beobachtungen entsprechen recht gut den Erfahrungen, daß die Schlafunterlage keinen Einfluß auf das Schlafverhalten ausübt (STRAUCH u. ZAYER 1971; HEINE u. HEINE 1971). Überdies ist durch das Alternieren der Versuchsanordnung (vgl. Tabelle 2) ein systematischer Gewöhnungsfehler ohnehin auszuschließen.

Die Versuchspersonen zeigten Interesse an den Untersuchungen und machten alle Arbeitsabschnitte gerne mit. Als gutes Maß für den Grad der Belastung kann der Arbeitspuls gelten (BARTENWERFER 1963). Die Arbeitspulsfrequenzen sind aus Tabelle 1 ersichtlich und liegen bei körperlicher Arbeit durchaus im Bereich der Werte, wie sie bei Schwerstarbeitern in der Industrie gemessen wurden (ROSENKRANZ u. Mitarb. 1969).

Jahreszeitliche Veränderungen der Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen konnten keine Berücksichtigung finden, obwohl diese beträchtlich sein können (GÄRTNER u. KREPP 1971; BAIER 1971 a, b). Desgleichen mußten

T a b e l l e 9 : Angaben der Versuchspersonen

(Teil I)

Versuchsperson	A	B	C	D	E	F	G
Rauchgewohnheiten (Zigaretten/Tag)	10-20	10-20	7-8	0	0	0	0
Sportliche Betätigung	++	+	+++	+	+++	++	+
Beurteilung des eigenen Leistungszustandes im Versuchszeitraum	++	++	+++	(+)	+++	+	++
Vor Versuch							
Einschlafstörungen	0	++	+	++	0	+	0
Durchschlafstörungen	+	+++	+	(+)	0	+++	0

Tabelle 9: Angaben der Versuchspersonen während des Versuches
(Teil II)

Versuchsperson	A	B	C	D	E	F	G
Vortag							
Einschlafstörungen	(+)	(+)	0	0	0	0	0
Durchschlafstörungen	0	0	0	(+)	0	(+)	0
Erholung	mäßig	gut	mäßig	sehr gut	gut	gut T±	gut
Nach körp.Arb.							
Einschlafstörungen	+++?	0	0	0	0	0	0
Durchschlafstörungen	(+)?	0	0	0	(+)	0	0
Erholung	sehr gut	sehr gut	mäßig	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
Nach geist.Arb.							
Einschlafstörungen	0	0	0	(+)	0	0	0
Durchschlafstörungen	0	0	0	0	0	0	0
Erholung	sehr gut T+	gut T+	gut	gut	schlecht T-	gut	sehr gut
Nach Ruhetag							
Einschlafstörungen	0	0	0	(+)	0	0	(+)
Durchschlafstörungen	++	0	0	0	(+)	0	(+)
Erholung	mäßig	gut	gut	mäßig	mäßig,T-K	sehr gut T-	mäßig

Zeichenerklärung: T Traumerlebnisse wurden berichtet
- unangenehme Trauminhalte
+ angenehme Trauminhalte
K Kopfschmerzen

Wettereinflüsse (GRIMMEISEN u. BREZOWSKY 1968; JORES 1971) unberücksichtigt bleiben. Auf jeden Fall war aber gesichert, daß das Licht keinen Einfluß haben konnte, denn die Verdunklung wurde erst nach dem spontanen Erwachen aufgehoben (vgl. ASCHOFF 1967, 1971; HOLLWICH u. DIECKHUES 1971; HILDEBRANDT u. LOWES 1972).

Nach den Untersuchungen von BERGER u. Mitarb. (1971) ist die Vigilanz nach 8 Stunden Schlafdauer am größten und nimmt sowohl bei Zunahme als auch bei Verkürzung der Schlafdauer stark ab. Trotz großer individueller Unterschiede (HITTMAIR 1966; SCHAEFER 1966; SCHALTENBRAND 1966) wären somit 8 Stunden Schlaf als das Optimum anzunehmen. Die untersuchten Versuchspersonen wichen nur unwesentlich von dieser Norm ab (vgl. Tabelle 3). Somit ist anzunehmen, daß der Schlaf der Versuchspersonen ausreichend gewesen ist.

2. Zu den Ergebnissen

Das bei fortlaufender Kontrolle von Pulsfrequenz und Atemfrequenz gefundene Verhalten des Puls-Atem-Quotienten während des Nachtschlafes unterscheidet sich zwar nicht von dem bisher bekannten, weist jedoch eine Reihe von weiteren Merkmalen auf, die mit diskontinuierlichen Methoden nicht erfaßt werden konnten. Daß die Annäherung an die ganzzahlige Norm 4,0 erst am Ende des Nachtschlafes bzw. in den frühen Morgenstunden erfolgt, wurde bereits von HILDEBRANDT (1953 a, 1960, 1967) sowie von STORCH (1967) gefunden. Unsere Ergebnisse zeigen aber darüberhinaus, daß solche Annäherungen auch schon vorher vorübergehend auftreten können, und zwar zum Teil im Verlaufe von periodischen Schwankungen, deren Periodendauer dem Rhythmus der Schlaftiefenschwankungen entspricht. Derartige Veränderungen sind in Abbildung 13 als Beispiel erkennbar. Pulsfrequenz und Atemfrequenz sind im Verhältnis 4 : 1 aufgetragen, sodaß die Überlagerung beider Kurven eine Normalisierung des Puls-Atem-Quotienten anzeigt. Sowohl Pulsfrequenz als auch Atemfrequenz machen periodische Schwankungen und nähern sich unter Beibehaltung der periodischen Veränderungen gegen den Aufwachtermin hin einander an. Der Zusammenhang zwischen den Schlafstadien und der Puls- sowie Atemfrequenzänderungen wird zur Zeit noch unter EEG-Kontrolle durch unsere Arbeitsgruppe im Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung geprüft. Es kann aber an Hand der Literatur mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß ein solcher Zusammenhang besteht (KLEITMAN 1965; BAUST 1967, 1969, 1970, 1971 a, b; SALETU u. Mitarb. 1971; SCHIEBER u. Mitarb. 1971; COCCAGNA u. Mitarb. 1971; u. a.).

Im Einzelfall ist die Genauigkeit der Einstellung des normalen ganzzahligen Frequenzverhältnisses keineswegs ideal. Während bereits früher bei diskontinuierlichen

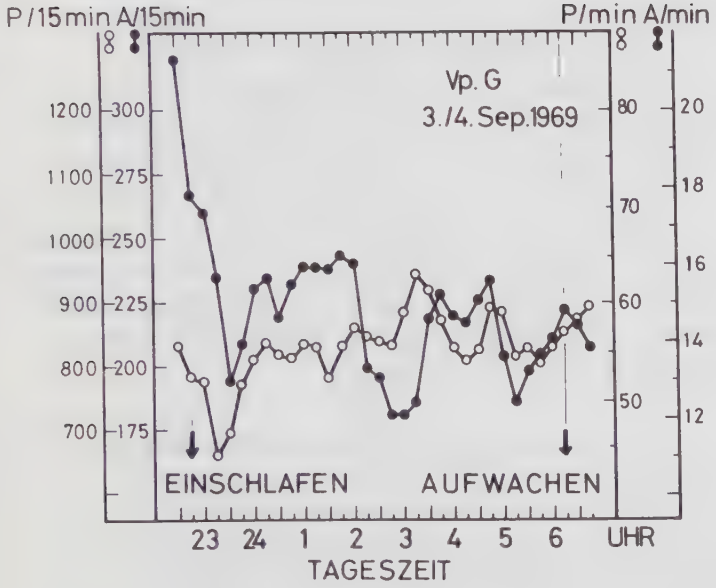


Abb. 13 Verhalten von Pulsfrequenz und Atemfrequenz bei der Versuchsperson G während der Nacht 3./4. September 1969 (nach geistigem Arbeitstag). Herzfrequenz und Atemfrequenz sind im Verhältnis 4 : 1 aufgetragen.

Frequenzmessungen die minimale Variabilität interindividuell mit etwa 8 % bestimmt wurde (HILDEBRANDT 1967), sank der Variabilitätskoeffizient auch im Einzelfall (Versuchsperson G) bei 53facher Kontrolle nicht unter diesen Wert. Abbildung 14 zeigt den Verlauf des Variabilitätskoeffizienten für den Puls-Atem-Quotienten während 53 durchschlafener Nächte der Versuchsperson G. Der abfallende Kurvenverlauf läßt deutlich erkennen, daß mit der Einstellung der Norm des Puls-Atem-Quotienten in der letzten Schlafstunde zugleich auch dessen Variabilität auf ein Minimum absinkt. Bei der gesamten Probandengruppe erreichte die Variabilität der Puls-Atem-Quotienten etwa 30 min vor dem Erwachen das absolute Minimum, auch bei der Puls- und Atemfrequenz nahm die Streuung während des Nachtschlafes fortlaufend ab.

Damit bleibt die ganzzahlige Frequenzkoordination auch bei optimaler Methodik zunächst ein statistisches Phänomen, wenn auch die Mittelwertabweichungen von der Norm zur Zeit der fortgeschrittenen Normalisierung erstaunlich gering sind (vgl. dazu EHRENSTEIN u. Mitarb. 1969, 1970 a; EHRENSTEIN 1970, 1971). Es bleibt aber die Frage bestehen, ob die Normalisierung des Puls-Atem-Quotienten ausschließlich das Ergebnis eines hinreichend langen Schlafes ist oder ob dabei auch tagesrhythmische Vorgänge eine Rolle spielen. Nach den Ergebnissen von ENGEL u. Mitarb. (1969) wird zum Beispiel das Maximum der Phasenkoppelung zwischen Herzschlag und Atmung bereits vor 3 Uhr nachts durchlaufen (vgl. dazu STORCH 1967), und HILDEBRANDT u. KLEIN (1969) fanden das einer Normalisierung entsprechende Optimum der ganzzahligen Abstimmung zwischen Herzrhythmus und arterieller Grundschwingung bereits in den ersten Stunden nach dem Einschlafen. In diesem Zusammenhang kann schließlich auch die Frage aufgeworfen werden, ob die sogenannte Normalisierung des Quotienten in den Morgenstunden nicht schon automatisch dadurch zustande kommt, daß die Pulsfrequenz

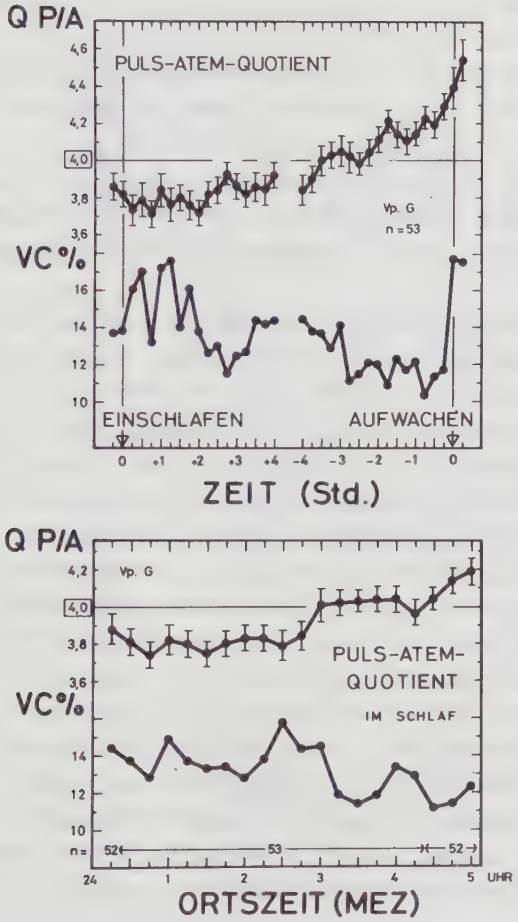


Abb. 14 Mittlerer Verlauf des Puls-Atem-Quotienten sowie des Variabilitätskoeffizienten des Puls-Atem-Quotienten während 53 Nächten bei der Versuchsperson G.
Oben: Synchronisation beider Nachthälften über dem Einschlaf- und Aufwachtermin.
Unten: Synchronisation mit der Ortszeit (MEZ).
Die Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an.

im Rahmen des Tagesrhythmus anzusteigen beginnt, während die Atemfrequenz noch verharrt. Hierzu ist der Befund von ENGEL u. Mitarb. (1971) heranzuziehen, daß bei umgekehrter Lebensweise mit Nachtarbeit zunächst die Normalisierung des Puls-Atem-Quotienten am Ende des Tagschlafes erhalten bleibt, obwohl das Schlafpulsniveau erhöht ist (vgl. LITSOV 1969). Auch die Unabhängigkeit der Normalisierung vom Pulsfrequenzniveau (HILDEBRANDT 1960, 1967) spricht gegen einen automatischen Vorgang.

Zu einer diesbezüglichen näheren Prüfung war das von der Gruppe gewonnene Material nicht brauchbar, weil die 7 Versuchspersonen nach dem Versuchsprogramm zur gleichen Zeit zu Bett gingen, mit nur geringer Streuung einschliefen und auch in ihrer Schlafdauer nur wenig variierten. Demgegenüber waren bei der Versuchsperson G in den 53 registrierten Nächten Einschlaf- und Aufwachtermin sowie die Schlafdauer recht unterschiedlich, sodaß eine Untersuchung der Normalisierung in Abhängigkeit von der Ortszeit sinnvoll war. Abbildung 14 (unterer Teil) zeigt, daß der Variabilitätskoeffizient in keinem Zeitpunkt auf das Minimum absinkt, welches in Abbildung 14 (oberer Teil) bei Synchronisation über dem Aufwachtermin kurz vor dem Erwachen erreicht wird. Daraus ist zu schließen, daß die tagesrhythmischen Einflüsse (vgl. BABADZHANYAN u. MUKSINOVA 1966) geringer sind als der normalisierende Effekt des Schlafes.

Für die relative Unabhängigkeit des Normalisierungsvorganges im Schlaf spricht zudem, daß auch im Mittagsschlaf regelmäßig kurz vor dem spontanen Erwachen eine Annäherung des Puls-Atem-Quotienten an den Wert 4,0 zu beobachten ist, wie Abbildung 15 an einigen Beispielen zeigt.

Die relative Unabhängigkeit des Puls-Atem-Quotienten vom Tagesrhythmus muß vorallem durch eine entsprechende Unabhängigkeit der Atemfrequenz bedingt sein, von der ja

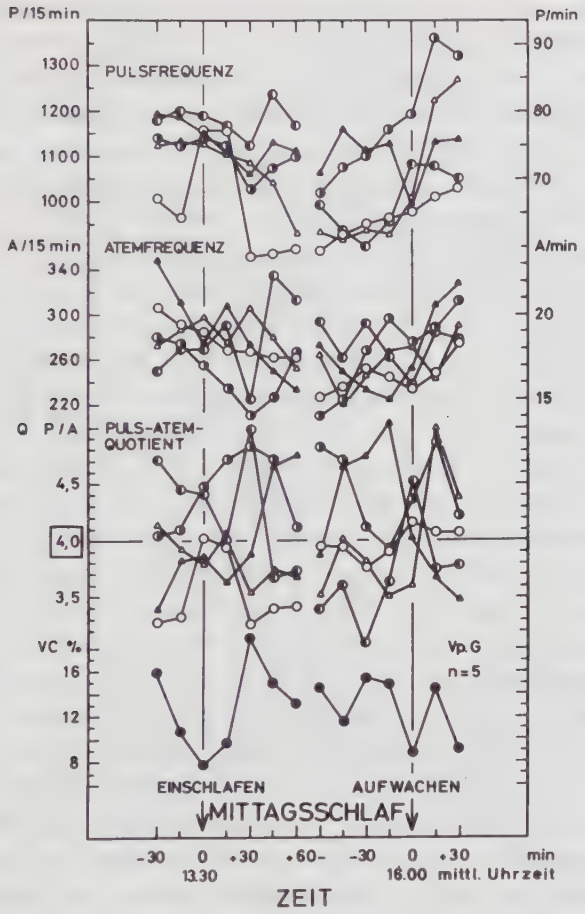


Abb. 15 Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie Puls-Atem-Quotient und dessen Variabilitätskoeffizient während 5 Mittagsschlafverläufen der Versuchsperson G. Synchronisation jeweils über dem Einschlaf- und Aufwachtermin.

auch bekannt ist, daß sie keinen einheitlichen Tagesgang zeigt, sondern selbst einer nächtlichen Normalisierung unterliegt (HILDEBRANDT 1953 b, 1960). Für die Pulsfrequenz ist dagegen ein einheitlicher Tagesrhythmus vielfach erwiesen (Literatur-Übersicht s. HILDEBRANDT 1960, 1962 a, b; MENZEL 1962; u. a.). Das unterschiedliche Verhalten von Atmung und Puls beim Umkehrversuch mit Tagschlaf und Nachtarbeit (ENGEL u. Mitarb. 1971) spricht gleichfalls für ein derartiges Verhalten. Untersucht man alle 102 Nachtpulsverläufe der Versuchsperson G (vgl. Abb. 8) bei Synchronisation mit der Ortszeit, so vergrößert sich die Amplitude mit Ausbildung eines Minimums der Pulsfrequenz im Bereich von 3 Uhr. Insbesondere zeigt sich dabei der Wiederanstieg der Pulsfrequenz in der 2. Nachthälfte nach schwerer körperlicher Arbeit am Vortag (vgl. Kurve A der Abb. 8). Dies könnte möglicherweise darauf hindeuten, daß der nächtliche Wiederanstieg Ausdruck einer Frequenzmultiplikation des 24-Stunden-Rhythmus bzw. einer reaktiv-periodischen Überlagerung als Folge einer akuten Überlastung ist (vgl. HILDEBRANDT 1962 a, b). Da in diesen Nächten die Atemfrequenz nicht gemessen wurde, läßt sich keine Aussage über das Verhalten des Puls-Atem-Quotienten machen. Es ist allerdings zu vermuten, daß eine derart starke Auslenkung der Pulsfrequenz nicht durch eine entsprechende Atemfrequenzänderung kompensiert werden kann. In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß nach den Befunden von ENGEL u. Mitarb. (1969, 1971) durch systematische Schlafunterbrechungen auch die nächtliche Intensivierung der Phasenkoordination von Herzschlag und Atmung verhindert wird.

Um die schnelleren Schwankungen des Puls-Atem-Quotienten (vgl. Abbildung 2) weiter aufzuklären, wurden bei der Versuchsperson G während 9 Tagen Puls- und Atemfrequenz bei normaler Lebensweise kontinuierlich registriert. Abbildung 16 zeigt den mittleren Verlauf von Pulsfrequenz und Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten. Die im

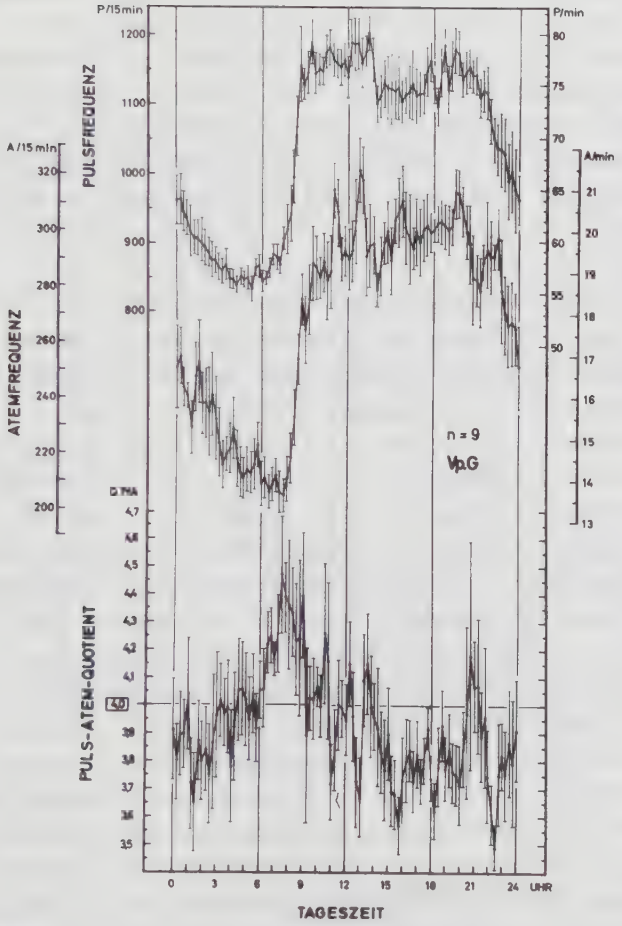


Abb. 16 Mittlerer Verlauf der Pulsfrequenz, Atemfrequenz und des Puls-Atem-Quotienten bei kontinuierlicher Zählung während 9 Tagen mit normaler Lebensweise bei der Versuchsperson G. Die Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an.

Schlaf bereits beschriebenen Schwankungen sind auch am Tage mit einer Periodendauer von etwa 90 Minuten nachweisbar. Sie dürften den bereits als "basic rest-activity cycle" (KLEITMAN 1965, 1971) bekannten Schwankungen entsprechen (vgl. DELAY u. PICHOT 1966). Diese Schwankungen verschwinden zum Beispiel bei urämischen Patienten und kehren nach der Dialyse zurück (PASSOUANT u. Mitarb. 1970; REICHENMILLER u. Mitarb. 1970).

Die Versuchsperson G war zugleich Untersucher. Darauf dürfte auch das etwas unterschiedliche Verhalten zur Gruppe, besonders hinsichtlich des Blutdruckes, zurückzuführen sein. Abbildung 17 zeigt, wie stark der Blutdruck und auch der morgendliche Puls durch psychische Faktoren verändert werden können (vgl. RIETSCHEL 1971; WOITOWITZ u. Mitarb. 1971; BECKER u. Mitarb. 1971; CLASING u. Mitarb. 1971). Während des zahnärztlichen Staatsexamens wurde täglich der morgendliche Aufwachwert und der Abendwert vor dem Einschlafen nach mindestens 10 min Bettruhe durch Selbstmessung kontrolliert (Näheres über die Methodik s. ENGEL 1970; vgl. BEHNER u. SCHMID 1967; BOCK 1968;HIRCHE 1969; MEESMANN u. Mitarb. 1970; STURM 1972). An den Prüfungstagen waren systolischer und diastolischer Blutdruck sowie Herzfrequenz besonders am Morgen stark erhöht. Tagesrhythmische Unterschiede können dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen, da während der ganzen Untersuchungszeit der Aufwachtermin zwischen 5.30 und 7.30 Uhr und der Einschlaftermin zwischen 21.00 und 22.30 Uhr MEZ lagen.

Entsprechend müßten die Tage ohne körperliche Belastung bei der Versuchsperson G vielleicht mit den Tagen nach geistiger Arbeit bei der Gruppenuntersuchung verglichen werden (vgl. CHRISTIAN u. SPOHR 1970; DELIUS 1966, 1969, 1971; SCHILLI 1971). Zugleich ist darauf hinzuweisen, daß möglicherweise eine gewisse Wechselwirkung zwischen

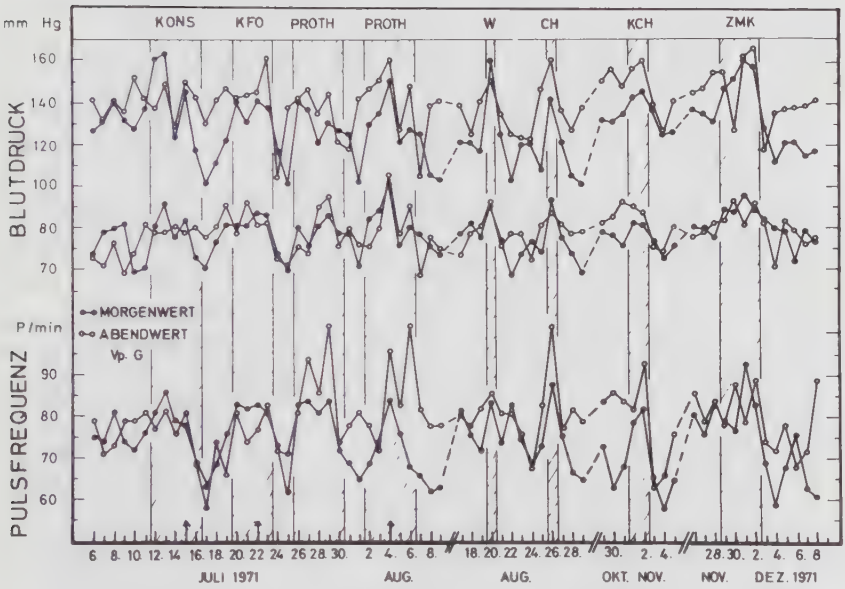


Abb. 17 Verlauf des systolischen und diastolischen Blutdrucks sowie der Pulsfrequenz, gemessen als morgendlicher Aufwachwert und abendlicher Einschlafwert nach 10 min Bettruhe während des zahnärztlichen Staatsexamens der Versuchsperson G. Die Pfeile geben die Termine der mündlichen Prüfungen an.

geistiger und körperlicher Arbeit besteht (SAITO u. Mitarb. 1971).

Durch die Einbeziehung der vorangehenden Tagesbelastung konnten Faktoren dargestellt werden, die wenigstens teilweise im Sinne eines systematischen Einflusses die Abweichungen von der Norm begründen können. Dieser Befund widerspricht den Ergebnissen von SCHAFF u. Mitarb. (1960), nach denen die Schwere der Belastung am Tage auf den Puls- und Atemfrequenzverlauf in der folgenden Nacht keinen Einfluß haben soll. Der Einfluß der körperlichen Belastung auf den Schlafverlauf scheint in der Literatur noch völlig ungeklärt (HAURI 1971). Sowohl im Gruppenversuch als auch im intraindividuellen Längsschnitt ist jedoch nach unseren Untersuchungen sichergestellt, daß körperliche Belastungen am Tage das Pulsfrequenzniveau besonders der ersten Nachthälfte anheben und hierdurch den Puls-Atem-Quotienten steigern, zumal die Atemfrequenz nicht signifikant beeinflußt wird. Für diesen Tatbestand lassen sich zwanglos sogenannte Ermüdungspulse verantwortlich machen (MÜLLER 1955, 1961), deren Beseitigung erst im Verlaufe des Nachtschlafes erfolgt. Ob die im Einzelfall beobachteten Pulsverläufe mit Wiederansteigen in der zweiten Nachthälfte (vgl. Abbildung 8) Ausdruck einer besonders starken Ermüdungsreaktion sind, wie bei Übertrainierung beschrieben (FRIC 1967), und ob sie eine Normalisierung des Puls-Atem-Quotienten vollständig verhindern, muß erst noch geprüft werden.

Das Verhalten von Blutdruck und Spontanbewegungen ordnet sich zwanglos in die bei Puls- und Atemfrequenz gefundenen Verhaltensweisen ein. Inwieweit allerdings bei der Versuchsperson G eine gewisse hypertone Reaktionsweise vorliegt, muß hier offen bleiben. Es ist bekannt, daß besonders Hypertoniker nach körperlicher Belastung zu niederem Blutdruck neigen (WILLIAMS u. CARTWRIGHT 1969; BOCK 1969; HEYDEN u. Mitarb. 1969; CHRASTEK u. ADAMIROVA 1970; KHATRI u. FREIS 1967, 1969; KHATRI u. COHN 1970;

BOYER u. KASCH 1970). Andererseits muß aber festgestellt werden, daß bei keiner Versuchsperson Blutdruckwerte auftraten, die das Vorliegen einer Normotonie hätten in Frage stellen müssen (vgl. RITTER 1969; BACHMANN 1970; BACHMANN u. Mitarb. 1970 b; SLEIGHT 1971; SIEGENTHALER u. WEIDMANN 1971).

Der niedrigste systolische Blutdruck findet sich zusammen mit einem Gipfel des diastolischen Blutdrucks etwa 2 - 3 Stunden nach dem Einschlafen (STURM 1969; BAUST 1970). Darüberhinaus finden sich periodische Schwankungen, deren Periodendauer dem Rhythmus der Schlaftiefenschwankungen entsprechen (SNYDER u. Mitarb. 1964 a; COCCAGNA u. Mitarb. 1971). Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit wurde der Blutdruck während des Belastungsversuches bereits als physiologisches Maß eingeführt (KIRCHHOFF 1963; BURKHART u. KIRCHHOFF 1965; BACHMANN u. Mitarb. 1970 a; u. a.). Man sollte jedoch die Beobachtung nicht nur auf die Phase der Körperarbeit beschränken. Automatische Messungen sind bei unblutiger Methodik nach RIVA-ROCCI (1896) unter Benutzung der Töne von KOROTKOV (1905) heute leicht durchführbar, zumal durch die Arbeiten von BÜHLMANN (1958), KLEINHANSZ (1969) und BACHMANN u. Mitarb. (1970 a) nachgewiesen wurde, daß zur intraarteriellen Messung nur geringe systematische Unterschiede bestehen.

Der Messung der Spontanbewegung im Nachtschlaf wurde bisher wenig Bedeutung beigemessen (vgl. HARRER 1971). Die Aktographie scheint jedoch eine wichtige Methode zur orientierenden Beschreibung des Schlafverlaufes darzustellen (vgl. LEGEWIE u. LIENERT 1967; JOVANOVIC 1971).

Der Puls-Atem-Quotient erweist sich als ein empfindlicher Indikator für die Abstimmung rhythmischer Funktionen beim Menschen. Einerseits zeigt sich, daß die spontane

Einleitung des Aufwachvorganges bei einer optimalen Einstellung des Puls-Atem-Quotienten erleichtert ist (vgl. "basic rest-activity cycle" KLEITMAN 1965; STORCH 1967) - sowohl im spontanen Nachtschlaf als auch beim Mittagsschlaf - anderseits kann durch Veränderung der Umweltbedingungen sehr leicht eine Störung entstehen. Bei Umkehr der Lebensweise mit Nachtarbeit und Tagschlaf kommt es zu einer zunehmenden Störung mit Abweichungen vom Normalwert (ENGEL u. Mitarb. 1971). Obwohl unterschiedliche Tagesbelastung einen deutlichen Unterschied im Schlafverlauf bedingen kann, kommt es dabei im Mittel zur Einstellung der Norm 4,0 des Puls-Atem-Quotienten kurz vor dem spontanen Erwachen. Weitere Untersuchungen müssen aber noch klären, inwieweit sich der Puls-Atem-Quotient als biologisches Maß auch qualitativ zur Beurteilung des Erholungsverlaufes vegetativer Funktionen eignet.

V. Zusammenfassung

Bei 7 gesunden Männern wurden in vier aufeinanderfolgenden Nächten nach definierten Tagesbelastungen Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck während des Nachtschlafes fortlaufend gemessen. Gleiche Untersuchungen wurden bei einem Probanden während 53 Nächten, Zählungen der Herzfrequenz allein während 102 Nächten durchgeführt.

Der Puls-Atem-Quotient stellte sich weitgehend unabhängig von der Art der vorangehenden Tagesbelastung während der letzten beiden Schlafstunden mit nur geringen Abweichungen auf die ganzzahlige Norm 4,0 ein. Das Niveau der Herzfrequenz war besonders während der ersten Nachthälfte in Abhängigkeit von der Tagesbelastung verschieden, nach körperlicher Arbeit im Bereich der Dauerleistungsgrenze am höchsten, nach völliger Ruhe am Tage am niedrigsten. Der Verlauf der Pulsfrequenz nach dem Tag mit geistiger Arbeit (Rechnen) ordnet sich dazwischen ein. Der Verlauf der Atemfrequenz zeigte hingegen keine signifikanten Unterschiede. Sowohl Blutdruck als auch Spontanbewegungen (während 4 Versuchsnächten bei 4 Probanden gemessen) zeigten zum Teil statistisch gesicherte Abhängigkeiten von der Tagesbelastung.

Das Verhalten von Pulsfrequenz, Atemfrequenz sowie des Puls-Atem-Quotienten im intraindividuellen Längsschnitt bei einer Versuchsperson ordnete sich zwanglos in das Verhalten bei der Gruppenuntersuchung ein.

Die Befunde sprechen dafür, daß die sogenannte Normalisierung der ganzzahligen Frequenzabstimmung

zwischen Herz- und Atemrhythmus einen empfindlichen Indikator für den Erholungsverlauf im Nachtschlaf darstellt.

VI. Literaturverzeichnis

ANSCHÜTZ, F.: Blutdruckmessung beim Erwachsenen. Diagnostik 1, 97-99 (1968)

ANSCHÜTZ, F.: Blutdruck und Armumfang. Dtsch. Med. Wschr. 94, 1950-1951 (1969)

ARTNER, J.: Die vegetative Steuerung des Zyklus. Arch. Gynäk. 185, 85-110 (1954)

ARTNER, J.: Die Bedeutung der vegetativen Untersuchung in der gynäkologischen Endokrinologie. Fortschr. Gebh. u. Gynäk. 10, 1-16 (1960)

ASCHOFF, J.: Welchen Einfluß haben Licht und Dunkel auf die Antriebslage? Dtsch. Med. Wschr. 92, 1518 (1967)

ASCHOFF, J.: Eigenschaften der menschlichen Tagesperiodik. In: J. RUTENFRANZ u. R. SINGER (Hrsg.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt - Probleme der Nacht- und Schichtarbeit, Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz. S. 21-43. Bd. 38 der Schriftenreihe Arbeitsmedizin-Sozialmedizin - Arbeitshygiene. Stuttgart: A.W.Gentner 1971.

BABADZHANYAN, M. G., i I. A. MUKSINOVA: Über die circadiane Periodik physiologischer Funktionen im menschlichen Organismus und rationelle Regulation der Nachtarbeit (russisch). Gig. truda profzabol., Moskva 10:9; 3-7 (1966)

BACHMANN, K.: Drahtlose, direkte Blutdrucktelemetrie Wehrmed. Mschr. 13, 72-74 (1969 a)

BACHMANN, K.: Probleme der Blutdruckmessung. Sportarzt u. Sportmedizin 20, 272, 275, 276, 278, 281 (1969 b)

BACHMANN, K.: Normalverteilung des Blutdrucks. Dtsch.Med.Wschr. 95, 858-859 (1970)

BACHMANN, K., R. ZERZAWY, P.-J. RIESS u. K. A. ZÖLCH: Blutdrucktelemetrie - kontinuierliche direkte Messungen im Alltag und beim Sport. Dtsch.Med.Wschr. 95, 741-747 (1970 a)

BACHMANN, K., H. REITMEIER u. N. GRAF: Untersuchungen zur Normalverteilung des menschlichen Blutdrucks. Direkte Blutdruckmessungen bei 400 herz- und kreislaufgesunden Personen im Alter von 10-80 Jahren. Dtsch.Med.Wschr. 95, 307-312 (1970 b)

BAIER, H.: Die Beeinflussung von körperlicher Leistungsfähigkeit und Kreislauffunktion durch aktivierende Kurbehandlung bei Patienten mit funktionellen Herz- und Kreislaufstörungen. Z.Physikal.Med. 2, 356-370 (1971 a)

BAIER, H.: Über den Einfluß der aktivierenden Kurbehandlung auf funktionelle Herz- und Kreislaufstörungen. Med.Diss.Marburg/Lahn 1971 b

BARTENWERFER, H.: Über Art und Bedeutung der Beziehung zwischen Pulsfrequenz und skalierter psychischer Anspannung. Z.exp.angew.Psychologie 10/3, 455-470 (1963)

BAUM, K. V.: Trainings-Pulsfrequenz: 170 minus Lebensalter. Sportarzt u.Sportmedizin 22, 20 (1971)

BAUST, W.: Vegetative Innervation, Hirndurchblutung und Blutdruck im Schlaf. Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med. 71, 798-807 (1965)

BAUST, W.: Zur Physiologie des Schlafes. In: H. KAISER: Schlafstörungen im Alter und ihre Behandlung. Symposium am 19.3.66 in Oberstdorf. S. 1-6. Stuttgart: Thieme 1966.

BAUST, W.: Physiologie und Pathophysiologie des Schlafes und physiologische Korrelate des Traumes. In: H. BÜRGER-PRINZ u. P.-A. FISCHER: Schlaf, Schlafverhalten und Schlafstörungen. S. 1-20 Stuttgart: F. Enke 1967.

BAUST, W.: Die Phänomenlogie des Schlafes. In: W. BAUST (Hrsg.): Ermüdung, Schlaf und Traum. S. 99-144. Stuttgart: Wiss.Verlagsges. 1970.

BAUST, W.: The problem of "Sympathetic Tone" and autonomic functions during sleep. Ref. Nr. 18, S. 14 Abstracts Int. Symp."The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

BAUST, W., U. J. JOVANOVIC u. D. RICHTER: Schlaf und Schlafstörungen. Dtsch.Med.Wschr. 90, 1269-1270 (1965)

BAUST, W., u. J. MARBAISE: Phasische Herzfrequenzänderungen nach Schallreizen im natürlichen Schlaf des Menschen. Pflügers Arch. 324, 165-175 (1971)

BAUST, W., H. NOPPENEY u. A. SCHLOESSER: Heart rate and respiration during rebound after REM-deprivation. Ref. Nr. 74, S. 56 Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

BECKER, D., M. SCHWIBBE, B. AHLBRECHT u. M. STEUFGEN: Pulsfrequenzänderungen bei Kraftfahrern in Fahrsituationen unterschiedlicher Schwierigkeit. Der kraftfahrende Arzt 47, 135-137 u. 142-146 (1971), Beilage zur Münch.Med.Wschr. 113, Nr.45/49 (1971)

BEHNER, E., u. B. SCHMID: Blutdruckselbstkontrolle durch Laien. Med. Kl. 62, 166-167 (1967)

BERGER, R. J., J. M. TAUB a. J. M. WALKER: Sleep as a biological adaptive process. Ref. Nr. 96, S. 73 Abstracts Int. Symp. "TheNature of Sleep". Würzburg 1971.

BERGMANN, H.: Zur beiderseitigen Blutdruckmessung. Dtsch.Med.Wschr. 95, 2536-2537 (1970)

BERNAUER, U.: Fehler bei der Blutdruckmessung. Med. Kl. 64, 1379-1382 (1969)

BOCHNIK, H.J.: Schlafstörungen aus psychiatrischer Sicht - Ergebnisse multifaktorieller Analysen. In: H. KAIBER: Schlafstörungen im Alter und ihre Behandlung. Symposium am 19.3.66 in Oberstdorf. S. 44-58. Stuttgart: Thieme 1966.

BOCK, K.-D.: Nochmals: Selbstkontrolle des Blutdrucks. Dtsch.Ärzteblatt-Ärztl.Mitt. 65, 1107-1110 (1968)

BOCK, K.-D.: Hochdruck - Ein Leitfaden für die Praxis. Stuttgart: Thieme 1969.

BOCK, K. D.: Kaffee, Rauchen und Blutdruck. Dtsch.Med.Wschr. 96, 2020 (1971)

BOCK, K.D., H. GILLMANN, R. HEINTZ, P. HEINTZEN, O. LIPPROSS, H. LOOSE, W. MEESMANN u. E. WETTERER: Merkblatt: Empfehlungen zur indirekten Messung des Blutdrucks beim Menschen. Herausgegeben von einer Kommission der Dtsch.Ges. f. Kreislaufforschung. S. 1-3 Darmstadt: Dr. D. Steinkopff 1971 a. auch: Beilage zu Heft 6/1971 Zschr. f. Kreislauff.

BOCK, K.D., H. GILLMANN, R. HEINTZ, P. HEINTZEN, O. LIPPROSS, H. LOOSE, W. MEESMANN u. E. WETTERER: Erläuterungen: Die indirekte Blutdruckmessung beim Menschen. Erläuterungen zum Merkblatt "Empfehlungen zur indirekten Messung des Blutdrucks beim Menschen". Herausgegeben von einer Kommission der Dtsch.Ges. f. Kreislaufforschung. S. 4-20 Darmstadt: Dr. D. Steinkopff 1971 b. auch: Beilage zu Heft 6/1971 Zschr. f. Kreislauff.

BOYER, J. L., a. F. W. KASCH: Exercise therapy in hypertensive men. J. Am. Med. Ass. 211, 1668-1672 (1970)

BRECHT, K., u. H. BOUCKE: Neues elektrostatisches Tieften-Mikrophon und seine Anwendung in der Sphygmographie. Pflügers Arch.ges.Physiol. 256, 43-54 (1952)

BÜHLMANN, A.: Direkte Blutdruckmessung beim Menschen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1958.

BUHR, G.: Verbessert Kaffee die körperliche Leistungsfähigkeit des Sportlers? Sportarzt u.Sportmedizin 20, 317-321 (1969)

BÜLOW, K.: Respiration during sleep. Electroenceph.clin.Neurophysiol. 17, 441 (1964)

BURKHART, K., u. H. W. KIRCHHOFF: Beurteilung der Leistungsfähigkeit mit Hilfe von Indices. Wehrmedizin 3, 107-118 (1965)

CHRASTEK, J., u. J. ADAMIROVA: Hoher Blutdruck und körperliche Übungen. Sportarzt u.Sportmedizin 21, 61-67 (1970)

CHRISTIAN, P., u. U. SPOHR: Fortlaufende, simultane Kreislaufmessungen während biographischer Interviews mit telemetrischen Methoden. Zschr.psychosomat.Med. u. Psychoanalyse 16, 1-18 (1970)

CLASING, D., G. VOGLER, W. BURCHARDT u. E. J. KLAUS: Herzfrequenz und psychische Anspannung beim Segelfliegen. Med. Welt 22 (N.F.), 808-811 (1971)

COCCAGNA, G., M. MANTOVANI, F. BRIGNANI, A. MANZINI a. E. LUGARESI: Arterial blood pressure changes during spontaneous sleep in man. Electroenceph.clin.Neurophysiol. 31, 277-281 (1971)

CZOK, G.: Untersuchungen über die Wirkung von Kaffee - Ein Beitrag zur ernährungsphysiologischen Bedeutung des Kaffeegetränkes. Zschr. Ernährungswiss. Supp. 5, 96 S. Darmstadt: Dr.D.Steinkopff 1966.

DAUMANN, F.-J.: Untersuchungen über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atmung bei dosierter Tretarbeit. Med.Diss.Marburg/Lahn 1965.

DELAY, J., u. P. PICHOT: Medizinische Psychologie. Stuttgart: Thieme 1966.

DELIUS, L.: Die Rehabilitation bei Herz- und Kreislaufkranken. Materia medica Nordmark 18, 521-530 (1966)

DELIUS, L.: Emotion und Kreislauf. Wiener Klin. Wschr. 81, 563-569 (1969)

DELIUS, L.: Psychovegetative Belastung am Arbeitsplatz.
Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 6, 253-255 (1971)

DEMENT, W., a. N. KLEITMAN: Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming.
Electroenceph.clin.Neurophysiol. 9, 673-690 (1957)

DOCUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen, 6. Aufl. 1960.

DÜKER, H.: Ein Verfahren zur Untersuchung der physischen Leistungsfähigkeit.
Psychol.Forsch. 23, 10-24 (1949)

DUMORTIER, B.: Les méthodes modernes d'actographie. Exposé présenté à la réunion de la Commision "rythmes et cycles" de la Societé Francaise pour l'Etude du Comportement'Animal, Paris 30 nov. 1968.

ECKERMANN, P., H. P. MILLAHN u. H. J. BARTSCH: Modelluntersuchungen über die Bedeutung der Abstimmung zwischen Herzfrequenz und Frequenz der arteriellen Grundschwingung.
Zschr.f.Kreislauff. 58, 845-851 (1969)

EHRENSTEIN, W.: Die Einwirkungen biologischer Rhythmen auf die Leistungsfähigkeit.
Dtsch.Ärzteblatt 67, 2211-2215 (1970)

EHRENSTEIN, W.: Diurnal sleep after night shifts and nocturnal sleep after day shifts: comparative study into eight nurses.
Ref.Nr.71 S. 54 Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep".
Würzburg 1971.

EHRENSTEIN, W., u. A. FICHTNER: Untersuchungen über die Kreislaufbelastung (mit Hilfe telemetrischer Herzfrequenzmessungen) und über den Trainingserfolg eines Circuit-Trainings.
Sportarzt u.Sportmedizin 21, 295-300 (1970) u. 22, 4-10 (1971)

EHRENSTEIN, W., W. MÜLLER-LIMMROTH u. K. SCHAFFLER: Ein elektrophysiologischer Beitrag über die Wirkung von 7-Chlor-1,3-dihydro-3-hydroxy-5-phenyl-2H-1,4-benzodiazepin-2-on auf den Tagschlaf nach einer

Nachtschicht. Vorläufige Mitteilung.
Arzneim.-Forsch.(Drug Res.)
19, 1656-1659 (1969)

EHRENSTEIN, W., W. MÜLLER-LIMMROTH, K. SCHAFFLER u. C. THEBAUD: Polygraphische Schlafuntersuchungen des Tagschlafes nach einer Nachtschicht und des Nachtschlafes nach einer Tagschicht an 8 Krankenschwestern
Pflügers Arch. 319, R 121 (1970)

EINTHOVEN, W., G. FAHR u. A. DE WAART: Über Richtung und die manifeste Größe der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluß der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms.
Pflügers Arch. 150, 283-315 (1913)

EMPTER, Ch.: Die ambulante Herz-Kreislauf-Untersuchung und deren Aussagekraft.
Wehrmed.Mschr.10, 64-66 (1966)

ENGEL, P.: Über Schwankungen der morgendlichen Aufwachwerte des Blutdrucks im Menstruationszyklus - Ein Beitrag zur Selbstkontrolle des Blutdrucks.
Med. Welt 21 (N.F.), 496-501 (1970)

ENGEL, P., G. HILDEBRANDT u. L. PÖLLMANN: Die Wirkung von Schlafunterbrechung und Nachtarbeit auf die Frequenz- und Phasenkoordination von Herzschlag und Atmung während des Schlafes.
In: J. RUTENFRANZ u. R. SINGER (Hrsg.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt - Probleme der Nacht- und Schichtarbeit, Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz.
S. 95-104. Bd. 38 der Schriftenreihe Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene. Stuttgart: A. W. Gentner 1971.

ENGEL, P., G. HILDEBRANDT u. E. D. VOIGT: Der Tagesgang der Phasenkoppelung zwischen Herzschlag und Atmung in Ruhe und seine Beeinflussung durch dosierte Arbeitsbelastung.
Int.Zschr.angew.Physiol.einschl. Arbeitsphysiol. 27, 339-355(1969)

ENGEL, R. R.: Statistical Analysis of heart rate and respiration during the different stages of human sleep.
Ref.Nr. 17. S.13-14 Abstracts Int. Symp."The Nature of Sleep".
Würzburg 1971.

FIORICA, V., E. A. HIGGINS, P. F. IAPIETRO, M. T. LATEGOLA a. A. W. DAVIS: Physiological responses of men during sleep deprivation. J.Appl.Physiol. 24, 167-176 (1968)

FLOTHO, W.: Der Tagesgang der stündlichen Pulssumme bei körperbehinderten Schülern und seine Abhängigkeit von körperlicher Aktivität und Leistungsfähigkeit. Med.Diss.Marburg/Lahn 1969.

FRANKENBERG, H. von, u. W. HIRSCH: Schlaf und Schlaflosigkeit. Therapie der Gegenwart 108, 688-702 (1969)

FREYER, H. U.: Über das Schlafverhalten und Schlafbedürfnis der Kinder. Materia Medica Nordmark 22, 532-541 (1970)

FRIC, J.: Ein Beitrag zum Problem des Ermüdungsüberganges in den Übertrainierungszustand bei den Mittel- und Langstreckenläufern im Laufe der ärztlich-pädagogischen Beobachtungen. Sportarzt u. Sportmedizin 18, 403-411 u. 456-469 (1967)

FRIC, J., u. H. NEUN: Die Leistungspulsfrequenz bei älteren Keglern. Sportarzt u.Sportmedizin 22, 162-164 (1971)

GÄRTNER, W., u. H. P. KREPP: Über das maximale Ausdauerleistungsvermögen des Menschen bei körperlicher Arbeit in Abhängigkeit von Jahreszeit und Umwelttemperatur. Zschr.Physikal.Med. 2, 21-37 (1971)

GERTZ, K.: Elektrokardiographie - Verfahren und Geräte. Dtsch. Ärzteblatt 68, 1166-1174 (1971)

GILLMANN, H.: Meßfehler bei Blutdruckbestimmungen nach Riva-Rocci. Münch. Med.Wschr. 111, 1310-1311 (1969)

GOETTERT, L.: Der Schlaf bei Mensch und Tier. Med. Mschr. 20, 61-62 (1966)

GOLENHOFEN, K., u. G. HILDEBRANDT: Die Beziehungen des Blutdruckrhythmus zu Atmung und peripherer Durchblutung. Pflügers Arch. 267, 27-45 (1958)

GRIMMEISEN, H., u. H. BREZOWSKY: Wettereinflüsse bei Blutdruckdepressionen in der Narkose. Med.Kl. 63, 1802-1807 (1968)

GUTMANN, J., V. KACHEL u. H. JÄGER: Amplitudenuntersuchungen an Korotkoff-Geräuschen zur Beurteilung der Möglichkeiten einer automatischen Blutdruckmessung. Zschr. Kreislauff. 58, 453-461 (1969)

HAAN, D.: Patientenüberwachung auf einer internistischen Wachstation. Med. Welt 141-144 1965.

HANNAPEL, J. : Die Eigenfrequenz der glatten Muskulatur vom Blinddarm des Meerschweinchens in Beziehung zum Körpergewicht sowie zu Atem- und Pulsfrequenz. Med.Diss.Marburg/Lahn 1969.

HARRER, G.: Zur Methodik der praktischen Verwertbarkeit der Aktographie. Ref. Nr.5 S.3-4 Abstracts Int.Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

HARTMAN, E.: The functional role of sleep. Ref. Nr.95 S.73 Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

HARTMAN, B.O., a. G. K. CANTRELL: MOL: Crew Performance on Demanding Work/Rest Schedules Compounded by Sleep Deprivation. Aerospace Medical Division (AFSC), Brooks AFB, Texas; Technical Report (SAM TR) 67-99, 29 S. 1967. zitiert nach Wehrmed.Mschr. 14, Heft 10, Seite XVIII (1970). (Referat)

HAURI, P.: Poor sleep and depression:Diagnostic considerations. Ref.Nr.81 S.61-62 Abstracts Int.Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971a.

HAURI, P.: Diskussionsbemerkung Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971 b.

HEINE, H. W., u. I. HEINE: The function of body movements during Sleep under different bed conditions. Ref. Nr. 55 S. 41-42 Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

HEINECKER, R.: EKG-Fibel. 7. Aufl., Stuttgart: Thieme 1967.

HEINECKER, R.: Über den Einfluß von Lärm auf den Kreislauf. Internist. Praxis 8, 31-39 (1968)

HENRYSSON, St., O. W. HASELOFF u. H. J. HOFFMANN: Kleines Lehrbuch der Statistik. Berlin: De Gruyter 1960.

HERNANDEZ-PEON, R.: Die neuralen Grundlagen des Schlafes. Arzneim.-Forsch. (Drug Res.) 15, 1099-1118 (1965)

HETTINGER, Th., u. G. WAHNER: Die physische Leistungsfähigkeit Wehrpflichtiger. Sportarzt u.Sportmedizin 23, 25-31 (1972).

HEYDEN, S., A. G. BARTEL, C. G. HAMES a. J. R. Mc DONOUGH: Elevated blood pressure levels in Adolescents, Evans County, Georgia. J.Am.Med.Ass. 209, 1683-1689 (1969)

HILDEBRANDT, G.: Über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem. Zschr. klin. Med. 150, 445-454 (1953 a)

HILDEBRANDT, G.: Über den Tagesgang der Atemfrequenz. Zschr. klin. Med. 150, 433-444 (1953 b)

HILDEBRANDT, G.: Die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atmung. Zschr.angew.Bäder- u.Klimaheilk. 7, 533-615 (1960)

HILDEBRANDT, G.: Rhythmus und Regulation. Med. Welt 73-81 1961.

HILDEBRANDT, G.: Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Bäder- und Klimaheilkunde. In: W. AMELUNG u. A. EVERS: Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, S. 730-757. Stuttgart: Schattauer 1962a.

HILDEBRANDT, G.: Reaktive Perioden und Spontanrhythmik. Reports VII. Conference of the Society for Biological Rhythm, Siena 1960, p. 75-82. Turin: Panminerva Medica 1962 b.

HILDEBRANDT, G.: Physikalische Medizin. In: G. SCHETTLER (Hrsg.): Taschenbuch der praktischen Medizin. S. 1107 - 1142. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme 1964.

HILDEBRANDT, G.: Leistung und Ordnung - Physiologische Gesichtspunkte zur Rehabilitationsforschung. Med. Welt 17 (N.F.), 2732-2740 (1966)

HILDEBRANDT, G.: Die Koordination rhythmischer Funktionen beim Menschen. Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med. 73, 921-941 (1967)

HILDEBRANDT, G.: Spontan-rhythmische Schwankungen der Leistungsfähigkeit beim Menschen. Med. Welt 22 (N.F.), 640-648 (1971)

HILDEBRANDT, G., u. F.-J. DAUMANN: Die Koordination von Puls- und Atemrhythmus bei Arbeit. Int.Zschr.angew.Physiol.einschl. Arbeitsphysiol. 21, 27-48 (1965)

HILDEBRANDT, G., u. H. JUNGMANN: Weitere Untersuchungen zur Höhenanpassung in Obergurgl (2000 m). Wiener Zschr.Inn.Med. 43, 298-308 (1962)

HILDEBRANDT, G., u. H.-R. KLEIN: Untersuchungen über den Tagesgang der Koordination von Herzrhythmus und arterieller Grundschwingung. Arch.Kreislauff. 59, 235-259 (1969)

HILDEBRANDT, G., u. E.-M. LOWES: Tagesrhythmische Schwankungen der vegetativen Lichtreaktionen beim Menschen. J.Interdiscipl. Cycle Research im Druck 1972.

HILDEBRANDT, G., u. L. PÖLLMANN: Physiologische Grundlagen für die Beurteilung der bronchomotorischen Reaktion bei Arbeit. Med. Welt 19 (N. F.), 2879-2885 (1968)

HIRCHE, H. : Die Regulation des Blutdrucks. Med. Mschr. 23, 384-388 (1969)

HITTMAIR, A. M. : Der Puls-Atem-Quotient als Testmethode. Zschr. angew. Bäder- u. Klimaheilk. 13, 112-152 (1966)

HOBSON, J. A.: Sleep after Exercise. Scienoe 162, 1503-1505 (1968 a)

HOBSON, J. A.: Sleep as a response: I Effects of exercise on subsequent sleep. Psychophysiology 4, 367-368 (1968 b)

HOFFMEISTER, F.: Über den physiologischen und den medikamentösen Schlaf. Dtsch.Med.Wschr. 93, 85-92 (1968)

HOLLMANN, W.: Die Beeinflussung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Rekruten durch Training. Wehrmed.Mschr. 5, 128-131 (1967)

HOLLMANN, W.: Vergleich von Erkameter und Elag-Gerät. Med. Welt 22 (N.F.), 984 (1971)

HOLLWICH, F., u. B. DIECKHUES: Endokrines System und Erblindung. Dtsch. Med. Wschr. 96, 363-368 (1971)

HÜLLEMANN, K.-D., H. MAYER u. R. STAHLHEBER: Fernsehen und Herz-Kreislauf-Regulation. Kreislaufuntersuchungen bei Herzinfarktpatienten und Normalpersonen während der Fernsehübertragung von Fußballweltmeisterschaftsspielen. Münch.Med.Wschr. 113, 1401-1406 (1971)

HOLZMANN, M.: Klinische Elektrokardiographie. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme 1965.

IRNICH, W.: Zur Problematik der unblutigen Blutdruckmessung. Arch.Kreislauff. 61, 1-27 (1970)

ISSEL, I., D. BRÄUER, I. WOLBURG u. G. KÜCHLER: Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit des Puls-Atem-Quotienten. Zschr.ges.Hygiene u. Grenzgeb. 17, 332-337 (1971)

ISSEL, P.: Zahnärztliche Technik - Eine Einführung für Studierende, Zahnärzte und Zahntechniker. Bd IV der zahnärztlichen Fachbücherei. Berlin: Berlinische Verlagsanstalt 1961.

JANKE, G.: Prothese, totale. In: H. HARNISCH, J. GABKA u. H. BRAUN: Handlexikon der zahnärztlichen Praxis, Diagnostik und Therapie der gesamten Zahnheilkunde einschließlich Grenzgebiete. Band II J-Q, S. 1238-1305. Stuttgart-Wien-Zürich: Medica-Verlag 1967.

JANSEN, G.: Experimenteller Beitrag zur "Konstanz vegetativer Schallreaktionen". Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 6, 255-259 (1971)

JORES, A.: Wetter, Klima, Mensch. Münch.Med.Wschr. 113, 361-363 (1971)

JOVANOVIC, U. J.: Der normale, abnorme und pathologische Schlaf - polygraphische Registrierungen. Verh.dtsch.Ges.Inn.Med. 71, 807-819 (1965)

JOVANOVIC, U. J.: Subklinische Erscheinungsformen der Schlaf-Wach-Aktivität. In: U. J. JOVANOVIC (Hrsg.): Der Schlaf - Neurophysiologische Aspekte. S. 191-206. München: J.A.Barth 1969.

JOVANOVIC, U. J.: Normal Sleep in Man. An experimental Contribution to our Knowledge of the Phenomenology of sleep. Stuttgart: Hippokrates 1971.

JUNG, R.: Physiologie und Pathophysiologie des Schlafes. Verh.dtsch.Ges.Inn.Med. 71, 788-797 (1965)

JUNG, R.: Der Schlaf. In: M. MONNIER (Hrsg.): Physiologie und Pathophysiologie des vegetativen Nervensystems. Bd.II, S. 650-684. Stuttgart: Hippokrates 1963.

KEPPELER, J.: Untersuchungen über die kardiale Belastung während der Marschausbildung bei der Bundeswehr. Med.Diss.Freiburg 1969.

KHATRI, J. M., a. E. D. FREIS: Haemodynamic changes during sleep. J.Appl.Physiol. 22, 867-873 (1967)

KHATRI, J. M., a. E. D. FREIS: Hemodynamic Changes during Sleep in Hypertensive Patients. Circulation 39, 785-790 (1969)

KHATRI, J. M., a. J. N. COHN: Mechanism of exercise hypotension after sympathetic blockade. Am.J.Cardiology 25, 329-338 (1970)

KIRCHHOFF, H. W.: Untersuchungen über das Verhalten von Pulsfrequenz und Blutdruck im Belastungsversuch. Wehrmedizin 1, 11-26 (1963)

KIRKENDALL, W. M., A. C. BURTON, F. H. EPSTEIN a. E. D. FREIS: Recommendations for Human Blood Pressure Determination by Sphygmomanometers - Report of a subcommittee, American Heart Association. Circulation 36, 980-988 (1967)

KLAUS, E. J., u. D. CLASING: Leistungsmedizinische Untersuchungsergebnisse bei Wehrpflichtigen zur Beurteilung von Trainingswirkungen der allgemeinen Grundausbildung. S. 73-79, Wehrdienst und Gesundheit - Abhandlungen aus Wehrmedizin, Wehrpharmazie und Wehrveterinärwesen, Band XIV. Darmstadt: Wehr und Wissen Verlagsges. 1967.

KLEINHANSZ, G.: Zum Aussagewert indirekter Blutdruckbestimmungen in Ruhe und bei Kreislaufbelastung durch Ergometer-Arbeit. Pflügers Arch. 319, R 68 (1970)

KLEINHANSZ, G., u. D. WIEGAND: Zur Frage der psychischen und physischen Leistungsminderung beim Menschen als Folge von Impfreaktionen. 1. Mitteilung. Wehrmed.Mschr. 14, 158-169 (1970)

KLEINHANSZ, G., u. D. WIEGAND: Zur Frage der psychischen und physischen Leistungsminderung beim Menschen als Folge von Impfreaktionen. 2. Mitteilung. Wehrmed.Mschr. 15, 7-15 (1971)

KLEINHANSZ, G., D. WIEGAND u. W. FISCHER: Zur Frage der psychischen und physischen Leistungsminderung beim Menschen als Folge von Impfreaktionen. 3. Mitteilung. Wehrmed.Mschr. 15, 39-43 (1971)

KLEITMAN, N.: Sleep and Wakefulness. 3rd Impression. Chicago, London: The University of Chicago Press 1967.

KLEITMAN, N.: The basic rest-activity cycle in sleep and wakefulness. Ref.Nr.12, S. 11 Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

KLEWITZ, F.: Der Puls im Schlaf.
Dtsch.Arch.klin.Med. 112, 38-55 (1912)

KNISCHEWSKI, F.: Die Metalle der Zahntechnik.
In: G. RAU (Hrsg.): Die theoretischen Grundlagen der Zahnprothetik. Teil I.
München: Neuer Merkur Verlag 1970.

KOROTKOV, N. S.: Über Methoden der Blutdruckmessung (russisch). Izst. voenno-med. Akad. (Ber. Militärärztl. Akad.) St. Petersburg 11, 365 (1905)
zitiert nach H. v. RECKLINGHAUSEN (1940)

KRAMER, G., u. B. H. ZIMMERMANN: Automatische Schwerkrankerüberwachung in einer Intensivpflegestation.
Dtsch.Med.Wschr. 96, 1041-1043 (1971)

KRYZHANOVSKAYA, V. V.: Altersspezifische Änderungen der Herz-Kreislauf-Indices bei intellektueller Arbeit und geistiger Belastung (russisch).
Gig. truda profzabol., Moskva 13: 11; 18-22 (1969)

LEGEWIE, H., u. G. A. LIENERT: Schlafphasen und Schlafmotorik bei verschiedenen Schlafmitteln.
Excerpta Medica Foundation: IV.Weltkongress für Psychiatrie 5.-11. Sept.66 in Madrid.
Basel: Roche 1967.

LEMMERZ, A. H., R. SCHMIDT u. J. KRANEMANN: Die Deutung des EKG. 4.erweit. Aufl.
Karlsruhe: G. Braun 1969.

LILLE, F.: Le sommeil de jour d'un groupe de travailleurs de nuit.
Le travail humain 1-2, 85-97 (1967)

LITSOV, A. N. : Experimentelle Studien der 24stündigen Periodik der physiologischen Funktionen und der Arbeitsfähigkeit des Menschen bei Verschiebung der Anordnung von Schlafen und Wachen (russisch).
Kosmic. biol. med.,Moskva 3: 4; 59-66 (1969)

LOOMIS, A. L., E. N. HARVEY a. G. A. HOBART: Distribution of Disturbance-Patterns in the Human Electroencephalogram, with special Reference to Sleep.
J. Neurophysiol. 1, 413-430 (1938)

LORENZ, R.: Automatische Blutdruckmessung nach Riva-Rocci-Korotkoff ?
Dtsch.Med.Wschr. 93, 690-694 (1968)

MARBACH, G., et M. T. SCHWERTZ: Effets physiologiques de l'alcool et de la caféine au cours du sommeil chez l'homme.
Arch.Sci.physiol.(Paris) 18, 163-210 (1964)

MATSUMOTO, J., T. NISHISHO, T. SUTO, T. SADAHIRO a. M. MIYOSHI: Influence of Fatigue on Sleep.
Nature 218, 177-178 (1968)

MEESMANN, W., H.-J. STÖVEKEN u. C.-P. BILLING: Die Bestimmung des Basisblutdruckes in der Praxis durch die Ermittelung des sogenannten Entspannungswertes.
Dtsch.Med.Wschr. 95, 734-740 (1970)

MELLEROWICZ, H.: Ergometrie.
München, Berlin: Urban & Schwarzenberg 1962.

MELLEROWICZ, H.: Bericht über die Sitzung der internationalen Ergometrie-Standardisierungskommission.
Sportarzt u.Sportmedizin 7, 405-408 (1966)

MENZEL, W.: Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit.
Basel: Schwabe 1962.

MONROE, L. J.: Psychological and physiological Differences between good and poor sleepers.
University of Chicago/Illinois, Thesis No. T 11338 1965.

MÜLLER, E. A.: Regulation der Pulsfrequenz in der Erholungsphase nach ermüdender Muskel-Arbeit.
Int.Zschr.angew.Physiol. 16, 35-44 (1955)

MÜLLER, E. A.: Die physische Ermüdung.
In: E. W. BAADER: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, S. 405-441, Berlin-München-Wien: Urban & Schwarzenberg 1961.

MÜLLER, E. A., u. J. J. REEH: Fortlaufende Registrierung der Pulsfrequenz bei beruflicher Arbeit.
Arbeitsphysiologie 14, 137-146 (1950)

NEHB, W.: Zur Standardisierung der Brustwandableitungen des Elektrokardiogramms (Mit Bemerkungen zum Frühbild des Hinterwandinfarkts und des Infarktnachschubs in der Vorderwand).
Klin. Wschr. 17, 1807-1812 (1938)

NITSCHNIKOFF, St.: Über die Wirkung des Fernsehens auf den arteriellen Blutdruck.
Dtsch.Gesundheitswesen 26, 146-150 (1971)

OSWALD, I.: Psychopharmaka und Schlaf: das entzugsbedingte Rebound-Phänomen.
Triangel, Sandoz, 10, 99-104 (1972)

OTHMER, E.: Schlaf- und Wachverhalten.
In: H. BÜRGER-PRINZ u. P.-A. FISCHER: Schlaf, Schlafverhalten, Schlafstörungen. S. 33 - 80
Stuttgart: F. Enke 1967.

PARADE, D.: Probleme der Blutdruckmessung.
Therapiewoche 21, 321-325 (1971)

PASSOUANT, P.: Les insomnies et les enregistrements polygraphiques de nuit.
Le Concours Médical 91, 8425-8434 (1969)

PASSOUANT, P., J. CADILHAC, M. BALDY-MOULINIER et Ch. MION: Etude du sommeil nocturne chez des urémiques chroniques soumis à une épuration extrarénale.
Electroenceph.clin.Neurophysiol. 29, 441-449 (1970)

PÖLLMANN, L.: Pneumometrische Untersuchungen über die bronchomotorische Arbeitsreaktion bei kontinuierlich ansteigender Belastung.
Med.Diss. Marburg/Lahn 1968.

PÖLLMANN, L., u. G. HILDEBRANDT: Über die Frequenzkoordination von Herzschlag und Atmung während des Nachtschlafes in Abhängigkeit von der Tagesbelastung.
Int. Zschr.angew.Physiol. 28, 273-291 (1970)

RECKLINGHAUSEN, H. von,: Blutdruckmessung und Kreislauf in den Arterien des Menschen. Geschichte und heutige Lage der Probleme, neue Lösungsversuche. Kreislaufbücherei Bd.4 Dresden u. Leipzig: Th.Steinkopff 1940.

REICHENMILLER, H. E., F. DÜRR u. U. REINHARD: Schlafuntersuchungen bei urämischen Patienten. 76.Tag.Dtsch.Ges.Inn.Med. (Referat) Med. Welt 21 (N.F.), 1443 (1970)

RIETSCHEL, E.: Telemetrische Langzeituntersuchungen bei Führungskräften in der Industrie. In: J. RUTENFRANZ u. R. SINGER (Hrsg.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt - Probleme der Nacht- und Schichtarbeit, Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz. S. 259-266, Bd.38 der Schriftenreihe Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene. Stuttgart: A.W.Gentner 1971.

RITTER, G.: Über den Ruheblutdruck 20jähriger Männer - eine epidemiologische Betrachtung. Arch.Kreislauff. 60, 115-153 (1969)

RIVA-ROCCI, S.: Un nuovo sfigmomanometro. Gazz. méd. di Torino 47, 121 (1896) zitiert nach H.v.RECKLINGHAUSEN (1940)

ROSENKRANZ, K. A., K. UHLENBRUCH u. B. GRUSS: Herzfrequenzmessungen bei Schwerarbeitern während ganzer Arbeitsschichten. Med. Kl. 64, 1355-1358 (1969)

RUTENFRANZ, J., J. ASCHOFF u. H. MANN: Untersuchungen über die zirkadiane Rhythmik verschiedener physiologischer und psychologischer Variabler unter Schichtarbeitsbedingungen an Bord eines Schiffes. BMVg-FBWM 71-6 Forschungsbericht aus der Wehrmedizin 1971.

SAITO, K., E. TAKAKUWA, Chr. FRIEBERGER u. H. MALCZYNSKI: Studien des Zusammenhanges zwischen körperlicher und geistiger Ermüdung. Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 6, 113-116 (1971)

SALINGER, H.: Die rechnerische Auswertung statistischer Beobachtungsergebnisse (Einführung in die Kollektivmaßlehre). In: Th.BRUGSCH u. F. H. LEWY: Die Biologie der Person, Bd.I, S.135-190 Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1926.

SALETU, R., T. M. ITIL, H. KLINGENBERG, S. AKPINAR a. M. SALETU: Computer sleep stage classification in relation to physiological measurements. Ref. Nr. 2, S. 1-2, Abstracts Int. Symp. "The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

SANTONI, C.: Gli effetti psichici della privazione sensoriale. Supplemento Minerva Aerospaziale Vol. 3 N. 1/1971. Minerva Medica 62, 1282-1287 (1971)

SASSIN, J. F.: Neurological findings following short-term sleep deprivation. Arch. Neurolog. 22, 54-56 (1970)

SIEGENTHALER, W., u. P. WEIDMANN: Die juvenile Hypertonie. Zschr. Allgemeinmedizin 47, 513-520 (1971)

SLEIGHT, P.: The diagnosis of hypertension. The Pactitioner (London) 207, 36-43 (1971)

SNYDER, F., J. A. HOBSON, D. F. MORRISON a. F. GOLDFRANK: Changes in respiration, heart rate, and systolic blood pressure in human sleep. J.Appl.Physiol. 19, 417-422 (1964 a)

SNYDER, F., J. A. HOBSON a. F. GOLDFRANK: Blood pressure changes during human sleep. Science 142, 1313-1314 (1964 b)

SCHÄCKE, G., H.-J. WOITOWITZ u. R. WOITOWITZ: Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz. Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 5, 171-175 (1970)

SCHÄCKE, G., u. H.-J. WOITOWITZ: Standardisierungsvorschläge für radiotelemetrische oder magnetbandspeichernde Langzeituntersuchungen des Elektrokardiogramms am Arbeitsplatz. In: J. RUTENFRANZ u. R. SINGER (Hrsg.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt - Probleme der Nacht- und Schichtarbeit, Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz, S. 251-258, Bd. 38 der Schriftenreihe

Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene. Stuttgart: A.W.Gentner 1971.

SCHAEFER, H.: Schlafbedürfnis der Menschen. Münch.Med.Wschr. 108, 854 (1966)

SCHAFF, G., G. MARBACH et J. J. VOGT: Influence de divers états de fatigue sur l'évolution de la motilité spontanée, de la fréquence cardiaque et de la fréquence respiratoire au cours du sommeil chez l'homme normal. J.Physiol. (Paris) 52 (1), 219-220 (1960)

SCHAFF, G., et J. J. VOGT: Recherche d'une méthode d'évaluation de la quantité de sommeil. IV. Evolution de fréquence respiratoire au cours du sommeil nocturne. Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie 155, 897-904 (1961)

SCHAFF, G., M. T. SCHWERTZ et G. MARBACH: Influence de l'alcool et de la caféine sur la motilité, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et la température rectale aus cours du sommeil. J. Physiol. (Paris) 54, 411-412 (1962)

SCHIEBER, J. P., A. MUZET, J. ARNARDI et J. P. LIENHARDT: L'évolution de la fréquence cardiaque minute au cours du sommeil nocturne chez l'homme et ses relations avec les stades électroencéphalographiques du sommeil. Ref. Nr. 19, S.15-16, Abstracts Int. Symp."The Nature of Sleep", Würzburg 1971.

SCHALTENBRAND, G.: Schlafbedarf der Menschen. Münch.Med.Wschr. 108, 854 (1966)

SCHAUB, F. A.: Grundriß der klinischen Elektrokardiographie. Documenta Geigy Suppl. I. Basel: J. R. Geigy 1965.

SCHILLI, W.: Prämedikation und Nachbehandlung bei zahnärztlich-chirurgischen Eingriffen. Vortrag 12. Jahresfortbildungsveranstaltung der LZÄK Hessen 29.-30.X.71 in Frankfurt/Main. 1971.

SCHMIDT, L.: Die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Alkohol. Wehrmed.u.Wehrpharmazie 7, 156-162 (1969)

SCHMIDT-VOIGT, J.: Diagnostik der beginnenden Herzinsuffizienz.
Hess. Ärzteblatt 32, 198-204 (1971)

SCHNEIDER, R. A.: A fully automatic portable blood pressure recorder.
J.Appl.Physiol. 24, 115-118 (1968)

SCHROEDER, A.: Schnellhärtende Kunststoffe.
In: K. EICHNER: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung. S. 125-138.
Berlin: Berlinische Verlagsanstalt 1967.

STÖCKER, G., u. U. J. JOVANOVIC: Fortgesetzter Schlafentzug und Straßenverkehr. Ref.Nr.69, S. 53, Abstracts Int.Symp."The Nature of Sleep", Würzburg 1971.

STORCH, J.: Methodische Grundlagen zur Bestimmung der Puls-Atem-Koppelung beim Menschen und ihr Verhalten im Nachtschlaf.
Med.Diss.Marburg/Lahn 1967.

STOYVA, J., R. P. FORSYTH, a. J. KAMIYA: Blood pressure during sleep in the Rhesus Monkey, before and after stress.
J. Americ.Physiol. 214, 1122-1125 (1968)

STRADOMSKY, N.: Untersuchungen über Schlafbewegungen nach coffeinhaltigem und coffeinfreiem Bohnenkaffee.
Med. Kl. 65, 1372-1376 (1970)

STRAUCH, I., a. H. ZAYER: Sleep patterns under two conditions: Polyether foam mattress and dry immersion bed. Ref. Nr. 56, S. 42, Abstracts Int.Symp."The Nature of Sleep", Würzburg 1971.

STURM, A.: Hypertonie, Ursachen der Blutdrucksteigerung.
In: F. GROSSE-BROCKHOFF: Pathologische Physiologie, S. 253-255, 2. Aufl.
Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1969.

STURM, A. : Seitendifferente Blutdruckwerte. Dtsch.Med.Wschr. 96, 1065 (1971)

STURM, A. : Praxis der Hochdrucktherapie. Monatskurse ärztl. Fortb. 22, 6-10 (1972)

STURM, A., F. PUENTES u. H. SCHEJA: Ursachen der Blutdruckdifferenzen zwischen dem rechten und linken Arm. Dtsch.Med.Wschr. 95, 1914-1918 (1970)

TAVEL, M. E., J. FARIS, W. K. NASSER, H. FEIGENBAUM a. C. FISCH: Korotkoff Sounds, Observations on Pressure-Pulse Changes underlying their Formation. Circulation 39, 465-474 (1969)

UEXKÜLL, Th. von, u. F. KILLING: Ein Apparat zur fortlaufenden unblutigen Registrierung von Puls und Blutdruck. Münch.Med.Wschr. 101, 380-382 (1959)

ULDALL, B.: Fernsehschäden bei Kindern. Dtsch.Med.Wschr. 94, 1453-1454 (1969)

WAGNER, E.: Edelmetalle. In: K. EICHNER: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung. S. 165-212. Berlin: Berlinische Verlagsanstalt 1967.

WEIDEMANN, H., H. ROSKAMM, H. KEPPELER, J. KEPPELER, E. KATTLER, H. REINDELL: Die Herzfrequenz untrainierter Soldaten bei mehrstündigen Marschbelastungen. Sportarzt u.Sportmedizin 22, 229,232, 234, 236-239 (1971)

WEIKART, P.: Werkstoffkunde für Zahnärzte. 4. Aufl. München: C. Hanser 1966.

WICK, E.: Probleme der fortlaufenden Blutdruckmessung. Med. Welt 19(N.F.), 692-700 (1968)

WILLIAMS, D. H., a. R. D. CARTWRIGHT: Blood Pressure Changes during EEG-Monitored Sleep - A Comparative Study of Hypertensive and Normotensive Negro Women. Arch. Gen. Psychiat. 20, 307-314 (1969)

WILKINSON, R. T.: Der Entzug von Schlaf. Triangel, Sandoz, 8, 162-166 (1968)

WIRTH, W.: Spezielle psychophysische Maßmethoden. In: E. ABDERHALDEN: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Bd. VI A, S.1-349. Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg 1927.

WITTERSHEIM, G., J. P. SCHIEBER, A. MUZET et J. MERY: Les perturbations du sommeil nocturne par le bruit et leurs répercussions sur les performances diurnes: dispositif expérimental et méthodologique. Ref. Nr. 6, S. 4-5, Abstracts Int. Symp."The Nature of Sleep". Würzburg 1971.

WOITOWITZ, H.-J., G. SCHÄCKE, R. WOITOWITZ u. H. EICHINGER: Die Untersuchung von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm während der Arbeitsschicht mit Hilfe von Radiotelemetrie oder Magnetbandspeicherung. Ärztliche Forschung 24, 46-58 (1970)

WOITOWITZ, H.-J., G. SCHÄCKE u. R. WOITOWITZ: Zur Erfassung psycho-vegetativer Belastungen am Arbeitsplatz mit Hilfe der Radiotelemetrie. Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 6, 259-263 (1971)

WOLFF, H. S.: Automatic measurement of blood pressure without arterial puncture. Proceedings of the Royal Society of Medicine (London) 62, 1019-1022 (1969)

WOLLHEIM, E., u. J. MOELLER: Hypertonie - Hypotonie. In: G. v. BERGMANN, W. FREY u. H. SCHWIEGK (Hrsg.): Handbuch der Inneren Medizin, Band IX, 5. Teil: Herz und Kreislauf. 4. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960.

ZÜLCH, K. J., u. V. HOSSMANN: Über die 24-Stunden-Rhythmik des menschlichen Blutdrucks. Dtsch.Med.Wschr. 92, 567-572 (1967)

Am Ende meiner Arbeit danke ich Herrn Professor Dr. med. G. Hildebrandt für die Überlassung des Themas, das ständige Interesse und seine unermüdliche Förderung sowie für die Möglichkeit, in der Außenstelle Hessisch Lichtenau seines Instituts die Untersuchungen durchführen zu können.

Herzlich danke ich Herrn W. Engelmohr, der mir bei der technischen Durchführung der Versuche behilflich war.

L e b e n s l a u f

Am 22. November 1941 wurde ich als Sohn des HNO-Facharztes Dr. Ludwig Pöllmann und seiner Ehefrau Dr. med. Katharina, geb. Braun, in Znaim (Niederdonau) geboren.

Ab Ostern 1952 besuchte ich die König-Heinrich-Schule, Gymnasium, in Fritzlar (Bez. Kassel) und erhielt dort am 16. Februar 1961 das Zeugnis der Reife.

Am 8. Dezember 1958 verstarb meine liebe Mutter plötzlich. Am 20. Februar 1962 starb mein Vater nach längerer Krankheit.

Ab Wintersemester 1962/63 studierte ich Medizin an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn. Ich habe das medizinische Staatsexamen am 25. Juli 1968 bestanden und erhielt am 1. Januar 1970 die Bestallung als Arzt. Am 12. August 1968 promovierte ich zum Dr. med.

Ab Sommersemester 1970 studierte ich wiederum in Marburg an der Lahn Zahnheilkunde und bestand das zahnärztliche Staatsexamen am 2. Dezember 1971. Die Bestallung als Zahnarzt erhielt ich am 27. Dezember 1971.

Meine akademischen Lehrer waren in Marburg die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Aust, Beckmann, Behrend, Berendes, Bernhardt, Blum, Bommer, Braasch, Braun-Falco, Brück, Bücher, Buchholz, Cleve, Deicher, Delbrück, Drews, Dimroth, Dittrich, Dölle, Drawert, Du Mesnil, Exner, Friederich, Ganz, Gedigk, Golenhofen, Gosmann, Graul, Hamm, Hardewig, Hartmann, Havemann, Hennis, Hensel, Hering, Hermann, Herfarth, Herrmann, Hettler, Heuser, Hildebrandt, Hohorst, Hupe, Jacob, Janke, Kaffarnik, Karlson, Klingenberg, Knauff, Köbler, Koch, Krönke, Lang, Lehmann-Grube, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mahr, Mann, Martini, Nocke, Oehmig, Pantke, Pelzl, Petry, Pfütz, Poetschke, Remschmidt, Rodeck, Rohen, Rosemann, Salfeld, Sauer, Scheele, Schiff, Schimassek, Schleyer, Schlosser, Schmid, Schmidt, Schmitz-Moormann, Schnell, Schrappe, Schwaiger, Seidel, Senger, Siegert, Siess, Spiegelberg, Staib, Stockhausen, Straub, Streicher, Strohmeyer, Struck, Teller, Vogt, Voss, Walcher, Wendt, Werner, Willenbockel, Witzel, Würtele.